
I. *Ueber eine neue Art von Ton-Erregung durch den elektrischen Strom; von J. C. Poggendorff.*

(Aus den Monatsberichten d. Acad. März 1856.)

Im J. 1837 machte Hr. Dr. Page zu Salem im Staate Massachusetts die interessante Beobachtung, daß ein Hufeisenmagnet, vor oder zwischen dessen Polen er eine flache Spirale von Kupferdraht aufgehängt hatte, zu tönen anfang, so wie er durch die Spirale den unterbrochenen Strom einer galvanischen Kette leitete. Die weitere Verfolgung dieser Beobachtung durch andere Physiker, namentlich durch Delezenne, Beatson, Marrian, Matteucci, De la Rive und Wertheim, hat gelehrt, daß es immer nur der unterbrochene galvanische Strom ist, der zu dieser neuen Tonbildung Anlaß giebt, und daß er zu dem Ende in zweierlei Weisen angewandt werden kann, einmal nämlich unmittelbar, indem man ihn geradezu durch die zum Tönen bestimmten Körper leitet, und dann vermöge seiner Wirkung in Distanz, indem man ihn in einem schraubenförmigen Drahte um diese Körper herumführt.

Solchergestalt sind diese Töne namentlich in Stahl und Eisen hervorgerufen worden, und wie es scheint nur in diesen Metallen. Wenigstens versichert Wertheim ausdrücklich, daß Stäbe und Drähte aus anderem Material weder nach der einen, noch nach der anderen Methode zum Tönen gebracht werden können¹⁾. Und da De la Rive, der in einer früheren Abhandlung sagt, er habe nach beiden Methoden auch aus Drähten von Platin, Silber, Kupfer, Messing, Argentan, Blei, Zinn und Zink Töne

1) Ann. Bd. 77, S. 43.

erhalten ¹⁾), modificirt diese Angabe in einer späteren Arbeit dahin, daß es nur geschehe, wenn zugleich ein starker Elektromagnet auf dergleichen Drähte einwirke ²⁾).

Die hier zu beschreibende Methode, auf welche der Verfasser durch eine zufällig im Herbste 1854 gemachte Beobachtung gerieth, hat zunächst den Vorzug der gröfseren Allgemeinheit, indem sich nach ihr unzweifelhaft alle Metalle zum Tönen bringen lassen; aber es sind auch noch andere Umstände damit verknüpft, welche ihr für die Elektrizitätslehre Interesse verleihen.

Sie beruht ebenfalls auf Anwendung des unterbrochenen Stroms, jedoch ist es nicht eigentlich dieser, sondern der durch ihn erzeugte Inductionsstrom, welcher als Tonerreger anzusehen ist. Und es sind nicht Stäbe oder Drähte, in welchen die Töne hervorgerufen werden, sondern Röhren, gebildet aus Blechen oder Platten, welche die den galvanischen Strom leitende Drahtrolle umgeben.

Der Verfasser benutzte zu allen diesen Versuchen eine der früher beschriebenen Hauptrollen ³⁾), die 5 par. Zoll in Länge und 5,5 par. Zoll in Umfang halten. Die beiden Drähte derselben waren stets nebeneinander verknüpft, so daß sie einem einzigen Draht von 100 par. Fufs Länge und 1,4 Millm. Durchmesser gleich kamen. Die Rolle wurde durch ein Stativ in senkrechter Stellung gehalten, solchergestalt, daß sie am unteren Ende mit der Quelle des galvanischen Stroms, die in der Regel nur eine einzige Grove'sche Kette war, durch Drähte verknüpft werden konnte. Ueber die somit freistehende Drahtrolle wurden, von obenher, die zu untersuchenden Röhren geschoben, die der Länge nach entweder ganz offen oder durch Löthung ganz metallisch geschlossen, oder auch nur so weit zusammengebogen waren, daß die Ränder des Blechs einander berührten. Als Material zu solchen Röhren, welche meistens 5 Zoll Höhe und 2 bis 4 Zoll Durchmesser hatten, wurde

1) Ann. Bd. 65, S. 637.

2) Ebend. Bd. 76, S. 285.

3) Monatsbericht 1855, S. 16. (Ann. Bd. 94, S. 295.)

benutzt: Platin, Kupfer, Neusilber, Zinn, Messing, Zink, Blei und Eisen.

Zur Unterbrechung des galvanischen Stroms diente ein Wagener'scher Hammer von eigenthümlicher Construction, um ihm einen möglichst leisen Gang zu verleihen, was nöthig war, damit er durch sein Geräusch nicht dasjenige verdeckte, welches Gegenstand der Beobachtung seyn sollte ¹⁾).

Die auf solche Weise angestellten Versuche haben nun zu folgendem allgemeinen Resultat geführt: *Alle Metalle, das Eisen ausgenommen, geben keinen Ton, wenn sie entweder als ganz offene oder als vollkommen geschlossene Röhren die Drahtrolle umgeben. Stossen dagegen die Ränder der Röhren bloß aneinander, so lassen alle Metalle, auch das Eisen nicht ausgenommen, einen sehr deutlichen Ton vernehmen, der an Stärke und Klang verschieden ist nach den Dimensionen der Röhre, nach der Natur und Elasticität ihres Materials, nach der Intensität des Stroms, und auch nach anderen Umständen, deren sogleich gedacht werden soll.*

Das Eisen unterscheidet sich von den übrigen Metallen dadurch, daß es, — offenbar in Folge seiner Magnetisirbarkeit, — schon als ganz offene Röhre einen knisternden Ton giebt, nicht allein wenn diese die Drahtrolle umgiebt, sondern auch schon, wenn sie bloß daneben gestellt ist. Es ist offenbar derselbe, den man bereits früher beobach-

- 1) Dieser Hammer weicht von dem gewöhnlichen mit federnder Zunge dadurch ab, daß der Platinstift, gegen welchen die Zunge schlägt, ebenfalls von einer Feder getragen wird, die rechtwinklich gegen die erstere, in horizontaler Lage an einem zur Seite stehenden Ständer befestigt ist. Eine Schraube, getragen von einem unbeugsamen Arme desselben Ständers unterhalb der zweiten Feder, verhindert, daß diese nach unten schlage, und dient im Verein mit der Schraube, deren Ende der Platinstift bildet, zur Regulirung des Contacts, der durch diese einfache Vorrichtung nach demselben Principe ebenso verlängert ist, wie bei den Instrumenten von Sinsteden, Halske (Ann. Bd. 97, S. 641) und Stöhrer (S. 110 dieses Bandes), denen sie auch an Wirkung vollkommen gleichkommen, an Leise des Ganges vielleicht noch übertreffen möchte.

tete an Eisenblech, das in die Drahtrolle gelegt war. Aber dieser Ton ist weit schwächer als derjenige, welcher gehört wird, wenn die Ränder der Röhre sich berühren. Es scheint dann zu dem ersteren Ton noch ein zweiter hinzutreten.

Die Töne, welche man von Metallröhren mit einander berührenden Rändern erhält, werden offenbar hervorgerufen durch den Inductionsstrom, welchen die Wirkung des in der Drahtrolle unterbrochen circulirenden galvanischen Stroms in der Masse solcher Röhren erregt; denn sie werden verstärkt und geschwächt durch dieselben Umstände, welche einen derartigen Inductionsstrom stärker und schwächer machen würden.

So werden die Töne verstärkt, wenn man in die Drahtrolle einen Eisendrahtbündel schiebt, was daher bei den Versuchen des Verfassers auch immer geschah; und ebenso, obwohl natürlich in geringerem Grade, wenn man die Drahtrolle mit dem Condensator verbindet, was gleichfalls bei diesen Versuchen nie unterlassen ward.

In noch auffallenderer Weise läßt sich die Schwächung der Töne darthun. Es ist dazu nur erforderlich, in eine tönende Röhre eine andere vollkommen geschlossene Metallhülle von geringerem Durchmesser so zu stellen, daß sie die inducirende Drahtrolle umgiebt. So wie man sie hineinstellt, hört das Tönen der weiteren Röhre augenblicklich auf; so wie man sie herauszieht, fängt es sofort wieder an.

Selbst zwei des Tönens fähige Röhren von ungleichem Durchmesser liefern einen Beweis von dieser Schwächung. Gleichzeitig in einander um die Drahtrolle gestellt, tönen sie vereint schwächer, als jede einzeln für sich. Manchmal verstummt die eine ganz. Zwei tönende Röhren von gleichem Durchmesser, über einander um die Drahtrolle gestellt, stören dagegen einander nicht.

Statt der innern geschlossenen Röhre, die z. B. aus Zink oder einem anderen nicht merklich magnetisirbaren Metall bestehen kann, läßt sich auch eine *offene* Eisenröhre anwenden. Sie wirkt ebenfalls, je nach ihrer Höhe und Wand-

dicke, schwächend oder vernichtend auf die Töne, nicht weil sich in ihr, wie in der geschlossenen Zinkröhre, ein Inductionsstrom bildete, sondern weil sie durch die Drahtrolle umgekehrt wie das innere Drahtbündel magnetisirt wird, und somit diesem Bündel und der Rolle entgegen wirkt.

Der Zusammenhang der Tonbildung mit dem Inductionsstrom, wenn er noch eines fernereren Beweises bedürfte, geht auch daraus hervor, daß sie unabhängig ist vom Durchmesser der Röhren. Der Verfasser erhielt die Töne mit Röhren von 2, 4 und 8 Zoll Durchmesser, ohne dabei einen andern Unterschied in der Stärke derselben wahrzunehmen, als denjenigen, welcher sich aus den diesen Durchmessern nicht entsprechend vergrößerten Höhen der Röhren herleiten liefs. Bei angemessener Höhe würde sich offenbar ein Hohlcyylinder von jeglichem noch so großem Durchmesser eben so gut durch eine einzige Volta'sche Kette zum Tönen bringen lassen wie eine Röhre von nur Zollweite.

Ist nun nach Allem diesem klar, daß die in Rede stehenden Töne ihren Ursprung einem parallel den Windungen der Drahtrolle in der Röhre erregten Inductionsstrom verdanken, und fällt insofern diese Erregungsweise zusammen mit derjenigen, bei welcher der unterbrochene galvanische Strom direct durch einen Stahl- oder Eisendraht geleitet wird, so soll damit doch nicht gesagt seyn, daß die Tonbildung eine moleculare, ursprünglich in der ganzen Metallmasse vor sich gehende sey, wie es bei einem solchen Draht oder bei einer offenen Eisenröhre sicher der Fall ist. Im Gegentheil hält der Verfasser es für unzweifelhaft, daß die von ihm beobachtete Tonbildung zunächst ihren Sitz an der Stelle hat, wo die Ränder der Röhren einander berühren, daß von dort aus Erschütterungen erfolgen, welche die Röhre in tönende Schwingungen versetzen.

Die Töne sind auch nur ein secundäres Phänomen, welches fehlen kann, wenn das Material der Röhre wenig Elasticität besitzt, z. B. aus Blei besteht. Das Primitive der akustischen Erscheinung liegt in einem trockenen Geräusch,

einem dem Schlagen einer Taschenuhr einigermaassen vergleichbaren *Ticken*, welches sich an der Berührungsstelle der Röhrenränder synchron mit den Schlägen des stromunterbrechenden Hammers vernehmen lässt und niemals fehlt. Es entsteht, wie sich durch einzelne Unterbrechungen des galvanischen Stroms überzeugend darthun lässt, nicht beim Schliessen, sondern nur beim Oeffnen der Kette, und wahrscheinlich auch beim Aufhören des dadurch erregten Inductionsstroms.

Dieses Ticken allein, nicht das Tönen, ist es, dessen Erforschung dem Gebiet der Elektrizitätslehre anheimfällt, und ich mir daher besonders zur Aufgabe machte, ohne jedoch bis jetzt eine vollständige Lösung derselben herbeigeführt zu haben.

Gleich dem Tönen, lässt sich das Ticken, wenn man vom Eisen absieht, bei einer der Länge nach durch Löthung vollkommen geschlossenen Röhre, und um so mehr also vermuthlich bei einem gegossenen Hohlcyylinder, nicht vernehmen. Selbst eine gelöthete Röhre, die man so weit aufgeschnitten hat, dass über dem Schlitz noch eine Brücke von etwa einer Linie Breite stehen bleibt, giebt, wenigstens bei den von mir ins Spiel gesetzten Kräften, das tickende Geräusch nicht.

Dies zeigt, dass eine gewisse Aufhebung des Zusammenhangs für das Entstehen dieses Geräusches nothwendig ist; denn dass die aneinander liegenden Ränder der Röhre sich nicht so innig berühren, wie die Theilchen im Innern der Masse, ist wohl vorweg klar und wird auch durch Erscheinungen in anderen Gebieten der Physik bestätigt. Unbedenklich kann man hier, auch bei scheinbar noch so guter Berührung, eine dünne Luftschicht zwischen den Röhrenrändern annehmen, wie man eine solche selbst für die schwarze Mitte der Newton'schen reflectirten Ringe anzunehmen genöthigt ist.

Bei dem Ticken zeigt sich der Einfluss des Abstandes, der somit zwischen den Röhrenrändern vorausgesetzt wird, zunächst dadurch, dass dasselbe, je mehr man die

Ränder aneinander drückt, desto mehr an Stärke abnimmt: ja es ist nicht unwahrscheinlich, daß es bei hinreichend starker Compression, bei welcher sich die Theilchen nichtglasharter Metalle förmlich ineinander drücken, ganz verschwinden würde, wie es andererseits gewiß ist, daß, wenn es recht laut auftreten soll, die Ränder nur lose aneinander liegen dürfen ¹⁾).

Man könnte meinen, daß mit verstärktem Druck auch die Zahl der Berührungspunkte vermehrt werde, und daraus die Abnahme des Geräusches entspringe. Allein, wenn dieß auch für gewöhnlich der Fall gewesen seyn mag, wo ich größere, hervorspringende und nicht vollkommen geëbnete Stücke der Röhrenränder aneinander brachte, so kann doch schwerlich im Allgemeinen die erwähnte Abnahme davon abgeleitet werden. Denn wenn man eine Steck- oder Nähnadel winkelrecht gegen die Ränder zwischen dieselben einklemmt, so nimmt das Ticken, welches dann sehr laut ist, gleichfalls mit gesteigertem Druck ab, ohne daß sich die Nadel nachher platt gedrückt erweist.

Uebrigens kann ein Theil der Röhrenränder in innigem Metallcontact stehen, ohne daß das tickende Geräusch verschwindet, sobald nur andere Punkte dieser Ränder einander lose berühren. So geräth die erwähnte, theilweis aufgeschnittene Röhre ins Tönen, so wie man in deren Schlitz eine Nadel oder ein keilförmiges Stück Blech einklemmt.

Dadurch erklärt sich auch eine Erscheinung beim Zinn. Wenn man ein Zinnblech um die inducirende Drahtrolle herum biegt und die Ränder desselben aneinander bringt, so

- 1) Bei Röhren von dicken Wänden, z. B. bei Zinkröhren von 1,5 bis 2,5 par. Lin. Wanddicke beobachtet man zugleich, daß mit verstärktem Druck der Ränder gegen einander der Ton um mehrere Stufen in die Höhe geht, während das Ticken zwar schwächer wird, aber sein Tempo, wie natürlich, nicht verändert, da dieses von dem Gang des Hammers bedingt wird, mit ihm immer synchron bleibt. Bei solchen dickwandigen Röhren sind die Tonschwingungen offenbar bloß longitudinal oder peripherisch, während sie bei den dünnwandigen ganz oder theilweise transversal oder radial sind; denn erstere kann man ohne Störung des Tons mit der Hand anfassen, letztere nicht.

kleben sie sogleich an einzelnen Stellen zusammen, werden förmlich verlöthet. Dennoch zeigt sich das Ticken ausnehmend deutlich. Schmilzt man aber die benachbarten Ränder mit einer Löthrohrflamme solide zusammen, so hört dieses Geräusch auf.

Eine Hauptfrage bei dieser Untersuchung ist natürlich die: durch welchen Vorgang das tickende Geräusch an der Unterbrechungsstelle hervorgebracht werde.

Zunächst könnte man an das Ueberspringen von Funken denken, aber dieses ist sicher nicht die Ursache des Geräusches.

Allerdings sieht man Funken, wenn man die Röhrenränder von einander trennt, — wie es scheint, besonders dann, wenn es glückt, diese Trennung in dem Moment zu vollziehen, da der Hammer den galvanischen Strom unterbricht. Man sieht sie sogar, obwohl sehr klein, an einer Röhre, die wie die eben genannte, nur theilweise aufgeschnitten ist, wenn man den Keil in dem Spalt herauszieht.

Aber während die Ränder ruhig aneinander liegen, erblickt man selbst in vollkommener Dunkelheit keine Funken, trotzdem das Ticken ungestört fortgeht. — Ich habe die inducirende Hauptrolle mit ihrer tönenden Metallhülle ins Vacuum der Luftpumpe versetzt, aber auch dort geschah das Ticken, ohne daß der mindeste Lichtschein an der Unterbrechungsstelle der Röhre sichtbar war.

Ueberdies haben die erwähnten Funken eine äußerst geringe Schlagweite, wie das nicht anders als erwartet werden kann, wenn man bedenkt, daß hier der elektrische Strom in einer ganz metallischen Bahn von wenigen Zollen Länge erregt wird.

Bei einem leicht schmelzbaren Metall, wie Zinn z. B., sieht man freilich manchmal Funken einige Linien weit fortspringen; aber dies ist doch kein wahres Ueberspringen, sondern ein Fortschleudern von geschmolzenen, glühenden und vielleicht verbrennenden Metalltheilchen, denn es geschieht meistens ganz außerhalb der Richtung des elektrischen Stroms, bald nach dieser, bald nach jener Seite.

Ein wahres Ueberspringen von Funken kann es schon deshalb nicht seyn, weil die Spannung des Stroms ganz außerordentlich gering ist. Wie sehr ich auch die Ränder der Metallröhre, ohne sie in Berührung zu bringen, einander nähern mochte; — niemals sah ich Funken überspringen. Man kann den Zwischenraum mit angefeuchteten Fingern bedecken, kann es sogar wagen, die Zungenspitze zwischen die Röhrenränder zu schieben, ohne die geringste Empfindung zu verspüren.

Wenn Funken die Ursache des Tickens wären, so sollte man meinen, müßte dasselbe in einer leitenden Flüssigkeit verschwinden. Allein ich habe, bei horizontaler Lage einer Röhre, die Unterbrechungsstelle derselben in Brunnenwasser und in verdünnte Schwefelsäure getaucht, ohne daß eine Abnahme des Geräusches wahrnehmbar gewesen wäre.

Nur als ein dünnes Stück Fließpapier, getränkt mit verdünnter Schwefelsäure, zwischen die Ränder geschoben, also der Metallcontact ganz unterbrochen wurde, hörte es auf.

Und ebenso verschwand es bei einer Zinkröhre, als deren Ränder so stark amalgamirt waren, daß Quecksilbertropfen daran hängen blieben, — offenbar, weil dann ein vollkommener Metallcontact hergestellt war.

Dagegen hörte das Ticken nicht auf, als die Berührungsstelle mit der Flamme einer Weingeistflamme stark erhitzt wurde; obwohl eine Schwächung allerdings bemerkbar war.

Wenn nun aber, allem diesem nach, Funken nicht die Ursache des Geräusches sind, — worin kann dann dasselbe begründet seyn?

Zunächst könnte man an jene Abstofung denken, welche, wie Ampère gezeigt, in Richtung des Stroms zwischen den Theilchen desselben stattfindet. Sie würde, könnte man sagen, während der Strom entsteht, die Röhrenränder ein klein wenig von einander entfernen, und, wenn er aufhört, wieder gegen einander schnellen lassen. Allein abgesehen von allem Andern, scheint es, hat der schwache Strom, der hier auftritt, nicht Kraft genug, um einen solchen mechanischen

Effect auszuüben. Ich habe das Ticken bei Zinkröhren beobachtet, die etwa 2 Zoll im Durchmesser und über $2\frac{1}{2}$ Lin. in Wanddicke halten, und zu ihrem Zusammen-drücken einen sehr bedeutenden Kraftaufwand erfordern.

Ueberdies, so sehr man auch geneigt ist, das Geräusch von einem mechanischen Gegeneinanderstoßen der Röhrenränder herzuleiten, so hat doch die Beobachtung mir keinen Beweis dafür geliefert.

Für das bloße Auge scheinen diese Ränder absolut in Ruhe zu verharren, und selbst unter dem Mikroskop, freilich nur bei 100maliger Vergrößerung, die aber doch wohl schon etwas hätte zeigen müssen, war von einer Bewegung nichts wahrzunehmen. — Ebenso zeigten die Flüssigkeiten, in welche die tickenden Röhren getaucht waren, nicht die geringste Spur von einer Erzitterung oder Wellenbewegung. Jedenfalls muß die Amplitude der tickenden und tönenden Schwingungen außerordentlich klein seyn.

Die natürlichste Ansicht über das in Rede stehende Phänomen möchte wohl die seyn, daß, trotz des scheinbaren Metallcontacts der Röhrenränder, dennoch keine gleichförmige Leitung der Elektrizität stattfindet, sondern zeitweise, in den Momenten der Unterbrechung des Stroms, eine plötzliche Entladung erfolgt — und zwar ohne Funken.

Nur dieser Zusatz hat etwas Ungewöhnliches, aber es ist nicht einzusehen, daß er den bisherigen Erfahrungen widerspreche; denn aus keiner derselben scheint ein Beweis hervorzugehen dafür, daß der Durchgang der Elektrizität durch eine Luftschicht von außerordentlicher Dünnhcit nothwendig mit Funken verknüpft seyn müsse.

Im Gegentheil ließen sich Gründe anführen, welche das Erscheinen von Funken in einem solchen Falle zweifelhaft machen, um so mehr, als es andererseits auch noch fraglich scheint, ob wir in den Funken, da wo sie erscheinen, die Elektrizität in Wahrheit substantiell überspringen sehen; — sie könnten ebensowohl nur begleitende Phänomen der vielleicht an sich dunklen unsichtbaren Elektrizitäts-Entladung seyn; die relative Langsamkeit der Bewegung der

Funkeln in gewissen Fällen scheint dieß nicht unwahrscheinlich zu machen.

Allein ich will mich nicht in Hypothesen verwickeln, sondern es lieber künftigen Beobachtungen überlassen, das in Rede stehende Phänomen weiter aufzuhellen.

II. *Ueber die Brechung und Reflexion des Lichts an Zwillingsflächen optisch einaxiger Krystalle;* *von Dr. J. Grailich,*

Privatdocent an der Wiener Hochschule und Assistent am k. k. physik. Institute.

Vor längerer Zeit machte ich die Erscheinungen, welche Zwillingskrystalle im durchfallenden und reflectirten Lichte zeigen, zum Gegenstand einer näheren Untersuchung. Ich fand bald, daß manche derselben ohne ein näheres Studium der Richtungs- und Intensitätsverhältnisse des gebrochenen und gespiegelten Lichtes nicht wohl zu erklären seyen und versuchte daher die Eigenthümlichkeiten der Erscheinung vorerst für den einfachsten Fall theoretisch zu ergründen, um dadurch für die verwickelten Phänomene, welche die Natur aufweist, den Schlüssel zu finden. In den Schriften der k. Akad. der Wiss. zu Wien erschien in Folge dessen eine Reihe von Aufsätzen, in welchem ich die Resultate der Untersuchung Schritt für Schritt wiederlegte und ich erlaube mir nun, nach dem Abschlufs des ersten (rechnenden) Theils derselben eine kurze Uebersicht der den optisch einaxigen Zwillingskrystallen eigenthümlichen Verhältnisse mitzutheilen.

1. Da an der Zwillingsfläche zwei doppeltbrechende Mittel sich begränzen, so muß eine einzige einfallende (ordentliche oder außerordentliche) Welle im Allgemeinen zwei reflectirte und zwei gebrochene Wellen geben. Eine kurze Ueberlegung zeigt, daß

a) die ordentlich gebrochene Welle, welche eine einfallende ordentliche Welle erregt, ohne Richtungsänderung in das zweite Individuum fortschreitet, so daß eigentlich von einer Brechung dieser Wellen, strenge genommen, nicht die Rede seyn kann. Dabei sind für die ordentliche einfallende, reflectirte und gebrochene Welle Einfalls-, Reflexions- und Brechungswinkel gleich. Bezeichnen wir durch

$$\varphi, \varphi', \varphi'', \varphi_0, \varphi''_0,$$

Einfalls-, Reflexions- und Brechungswinkel der einfallenden ordentlichen und der durch sie erregten reflectirten und gebrochenen ordentlichen und außerordentlichen Wellen, so haben wir demgemäß

$$\varphi = \varphi' = \varphi''_0$$

außerdem aber auch noch

$$\varphi' = \varphi''$$

b) Ebenso findet sich, wenn

$$\psi, \psi', \psi'', \psi_0, \psi''_0,$$

die analogen Winkel für die einfallende außerordentliche Welle bezeichnen

$$\psi'_0 = \psi''_0 \quad \psi' = \psi'',$$

so daß im Allgemeinen der Satz ausgesprochen werden kann, daß

in optisch einaxigen Zwillingkrystallen für gleichnamige Wellen der Reflexionswinkel gleich ist dem Brechungswinkel. Dieses Gesetz läßt sich durch Erwägung der Huyghens'schen Construction auch auf die optisch-zweiaxigen Krystalle ausdehnen; es gilt ebensowohl von den Wellennormalen als von den zugehörigen Strahlen.

2. Sucht man die Richtungen der gebrochenen Wellen als Functionen der Richtungen der einfallenden Wellen darzustellen, so findet man, daß sich zwischen

$$\varphi \text{ und } \varphi_0 \quad \psi \text{ und } \psi'$$

sehr einfache Relationen aufstellen lassen, während hingegen

$$\varphi \text{ und } \varphi'', \quad \psi \text{ und } \psi''_0$$

zu ganz verwickelten, in ihrer allgemeinen Form ganz unbrauchbaren Ausdrücken führen. Der Uebergang von einer Kugelwelle zur andern, oder von einem Wellenellipsoid zum andern, ist somit weit einfacher als von einer Kugelwelle zu einer ellipsoidischen Wellenfläche, und umgekehrt. Wenn wir die Richtungen auf ein Coordinatensystem beziehen, wo

OX die Projection der optischen Axen der zwei Individuen auf die Zwillingsfläche,

OY eine gegen OX senkrechte Richtung in der Zwillingsfläche,

OZ die Normale auf die Zwillingsfläche (das Einfallslot) ist, und

$$u, v, w; u'', v'', w''; \xi, \eta, \zeta; \xi'', \eta'', \zeta''.$$

die Cosinusse der Winkel bezeichnen, welche die Normale der einfallenden und gebrochenen außerordentlichen Welle und die zugehörigen Strahlen mit diesen Axen einschließen, so ergibt sich

$$\begin{aligned} u'' &= -\frac{Pu}{\sqrt{4Qu(Qu+Pw)+P^2}} & \xi'' &= -\frac{P\xi-2Q\zeta}{\sqrt{4Q\zeta(Q\zeta-P\xi)+P^2}} \\ v'' &= -\frac{Pv}{\sqrt{4Qu(Qu+Pw)+P^2}} & \eta'' &= -\frac{P\eta}{\sqrt{4Q\zeta(Q\zeta-P\xi)+P^2}} \\ w'' &= -\frac{Pw+2Qu}{\sqrt{4Qu(Qu+Pw)+P^2}} & \zeta'' &= -\frac{P\zeta}{\sqrt{4Q\zeta(Q\zeta-P\xi)+P^2}} \end{aligned}$$

wo $Q = \left(\frac{c^2}{v^2} - 1\right) \sin \alpha \cos \alpha$, $P = 1 - \left(\frac{c^2}{v^2} - 1\right) \sin^2 \alpha$, o, c die Geschwindigkeiten der ordentlichen und außerordentlichen Wellen senkrecht gegen die optische Axe und α den Winkel der optischen Axen gegen die Zwillingssebene bezeichnen. Nennen wir ω das Azimuth der Einfallsebene, so hängen außerdem u, v, w, ψ etc. durch folgende Relationen zusammen:

$$\begin{aligned} u &= \sin \psi \cos \omega & v &= \sin \psi \sin \omega & w &= \cos \psi \\ u'' &= -\sin \psi'' \cos \omega & v'' &= -\sin \psi'' \sin \omega & w'' &= -\cos \psi'' \end{aligned}$$

Aus diesen Formeln werden folgende anschauliche Sätze abgeleitet:

a) die einfallenden und gebrochenen außerordentlichen Strahlen liegen mit der Projection der optischen Axen immer in einer und derselben Ebene. Die Projection der optischen Axen spielt hier also dieselbe Rolle wie das Einfallslot bei einfach-brechenden Medien; oder wie das Einfallslot für die Normalen der Wellen. Nennt man in der Fig. 1 Taf. III (wo ZZ die Zwillings-Ebene, OA , OA' die optische Axe)

τ den Winkel, den die Ebene $EER'R''$ (welche den einfallenden Strahl EO und die Projection der optischen Axen $R'R''$ in sich faßt) mit dem Hauptschnitte $HHHH$ einschließt;

τ'' den analogen Winkel der Ebene $E'E'R'R''$ (welche den gebrochenen Strahl OE' und die Projection $R'R''$ in sich faßt)

χ den Winkel EOR' , χ'' den Winkel $E'OR''$, so läßt sich die Richtungsänderung des gebrochenen Strahles durch die Gleichung

$$\frac{\sin \chi''}{\sin \chi} = \frac{1}{\sqrt{1 - 4 \frac{Q}{P} \cos \tau \sin \chi (\cos \chi - \frac{Q}{P} \cos \tau \sin \chi)}}$$

ausdrücken, welche gleichsam den variablen Brechungsindex bezüglich der Projection der optischen Axen darstellt. Hieraus wird eine Constructionsmethode abgeleitet, welche, einfacher als die Huyghens'sche, die Richtungen der gebrochenen Strahlen mit Umgehung der Construction von Ellipsoiden als Durchschnitt zweier leicht zu bestimmenden Ebenen giebt. (Denkschr. d. Wien. Akad. IX, 63, 64.)

b) Legt man eine Ebene auch durch den reflectirten Strahl OE_1 und nennt τ' den Winkel, den diese Ebene mit dem Hauptschnitte einschließt, so findet man

$$\tau = \tau' = \tau''$$

d. i. die Ebenen des einfallenden, reflectirten und gebrochenen Strahles schließen mit dem Hauptschnitte gleiche Winkel ein.

c) Denkt man sich senkrecht gegen den Hauptschnitt

eine Ebene gelegt (den Querschnitt), so werden die Normalen der gebrochenen Wellen rechts oder links gegen diese einfallen, je nachdem die Normalen der einfallenden Wellen links oder rechts davon liegen. Insofern stimmen die Verhältnisse der Wellennormalen ganz mit denjenigen überein, welche sich bei dem Uebergange des Lichts aus einfachbrechenden Medien in einfach- oder doppeltbrechende Medien zeigen. Anders gestaltet es sich für die Strahlen. Bis zu einer gewissen Gränze, welche durch eine schiefe konische Fläche bezeichnet wird, begegnen wir zwar auch hier derselben Erscheinung; erreicht aber einfallender Strahl diesen Gränzkegel, so dringt der gebrochene Strahl im Querschnitte ins zweite Medium; überschreitet dann der einfallende Strahl die Gränze, so werden die Strahlen gegen dieselbe Seite des Querschnittes gebrochen, von welcher her der einfallende Strahl kommt. Diefes währt so lange fort, bis der einfallende Strahl selbst in den Querschnitt gelangt; dann liegen die Richtungen der gebrochenen Strahlen in der Gränzkegelfläche des zweiten Individuums. Beim weiteren Fortrücken des einfallenden Strahles kehren dann die gewöhnlichen Verhältnisse wieder; einfallender und gebrochener Strahl liegen auf entgegengesetzten Seiten des Querschnittes. Verfolgen wir diesen Gang im Hauptschnitte (Taf. III Fig. 2), so finden wir, dafs der gebrochene Strahl senkrecht gegen die Zwillingssebene steht, sobald $EOZ = \psi$

$$\operatorname{tg} \psi = 2 \frac{P}{Q}$$

wird; für kleinere Einfallswinkel, z. B. $E_1 OZ$ erhält der gebrochene Strahl die Richtung OE''_1 , und für einen Strahl eO , wo

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{Q}{P} = \operatorname{tg} \mu$$

schiefst der gebrochene Strahl Oe'' mit OX denselben Winkel ein wie der einfallende. Ich habe diesen Winkel μ den charakteristischen Winkel des Zwillingskrystalles genannt, weil er nur die Constanten des Zwillings in sich enthält und dadurch bedeutsam wird, dafs durch seine Einführung

viele Formeln auf eine einfachere Gestalt gebracht werden können. — Erreicht der einfallende Strahl das Einfallslot ZO , so befindet sich der gebrochene in der Richtung OE' und es ist $E'OZ' = EOZ$.

d) der gebrochene Strahl wird aus der Einfallsebene abgelenkt. Ist δ der Winkel, den Brechungs- und Einfallsebene unter einander einschließen, so findet man

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 \sin \omega \operatorname{tg} \mu}{\operatorname{tg} \psi - 2 \cos \omega \operatorname{tg} \mu}.$$

Die Ablenkung ist somit um so gröfser, je mehr der einfallende Strahl sich dem Einfallslot nähert; für $\psi = 0$, erreicht δ den Werth $\frac{\pi}{2}$; es stände somit die Brechungsebene senkrecht auf der Einfallsebene. Da aber die Einfallsebene für den senkrecht einfallenden Strahl unbestimmt wird, so mufs $\delta = \frac{\pi}{2}$ als eine Gränze betrachtet werden, gegen welche hin die Ablenkungswinkel der beiden Ebenen bei abnehmenden Werthen des Einfallswinkels convergiren.

3. Totalreflexion kann an Zwillingflächen wegen der Gleichheit des Reflexions- und Brechungswinkels nicht eintreten, wohl aber der Fall, dafs eine einfallende ordentliche (oder ausserordentliche) Welle nur noch ordentliche (oder ausserordentliche) Wellen durch Reflexion und Refraction erzeugt; das erstere bei negativen, das letztere bei positiven Krystallen. Wir finden daher für den Kalkspath einen *Gränzkegel der einfachen ordentlichen Reflexion und Brechung*: es ist ein elliptischer Kegel, dessen Axe im Hauptschnitte sich zur Axe im Querschnitte verhält, wie

$$1 + \left(\frac{c^2}{a^2} - 1 \right) \sin \alpha^2 : \frac{c^2}{a^2};$$

für den Quarz einen *Gränzkegel der einfachen ausserordentlichen Reflexion und Brechung*, einen schiefen elliptischen Kegel, dessen Mittellinie in der Hauptschnittsebene liegt und mit der Normale auf die Zwillingfläche den Winkel β einschliesst, welcher durch

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{2\left(\frac{o^2}{e^2} - 1\right) \sin \alpha \cos \alpha}{1 + 2\left(\frac{o^2}{e^2} - 1\right) \sin^2 \alpha}$$

und ein Axenverhältniß in einem zur Mittellinie senkrechten Schnitte besitzt, welches durch

$$\frac{b^2}{a^2} = \left(1 - \frac{o^2}{e^2}\right) \left[\left(\frac{1 - \sqrt{1 + 4 \frac{o^2}{e^2} \left(\frac{o^2}{e^2} - 1\right) \sin^2 \alpha}}{1 + \sqrt{1 + 4 \frac{o^2}{e^2} \left(\frac{o^2}{e^2} - 1\right) \sin^2 \alpha}} \right)^2 - 1 \right]$$

Es kann daher geschehen, daß ein Lichtstrahl, welcher durch einen Zwillingsskrystall dringt, dreigetheilt aus demselben austritt; aus dem Kalkspath erhält man zwei ordentliche und ein außerordentliches Bild. Es ist in der That ein Krystall geschnitten worden, der diese Verhältnisse zeigt: es versteht sich, daß es nur für eine beschränkte Anzahl von Incidenzen möglich ist dieselben hervorzurufen: es muß eine passende Fläche erst geschnitten werden, da die natürlichen Rhomboëderflächen unter keinem Einfallswinkel das Licht gegen die gewöhnlichen Zwillingsslamellen so brechen, daß es bereits innerhalb der Gränze der beschriebenen Kegelfläche an die Trennungsebene der beiden Individuen gelangte. Es ist dieser Fall auch wohl zu unterscheiden von dem von Brewster zuerst beobachteten und in dessen und Radicke's Optik näher beschriebenen Vorkommen, wo eine sehr dünne Zwillingsschicht sich in ein größeres Krystallindividuum einbettet und das Uebereinanderfallen zweier mittlerer Bilder *O* und *E'* bewirkt, während die Bilder *O'* und *E* weiter auseinander treten, so daß bei einer Analyse mittelst der Turmalinplatte das mittlere Bild (Taf. III Fig. 3) sich behauptet, während die beiden äußersten abwechselnd ausgelöscht werden. Bei der hier beschriebenen und beobachteten Erscheinung verschwinden immer zwei Bilder zugleich, während das dritte in das Maximum der Helligkeit tritt (Taf. III Fig. 4). Ob ein Krystallstück, in dem sich eine deutliche Zwillingssfläche befindet, aus zwei hemitropen Individuen oder aus einem einzigen, mit Ein-

schiebung einer ganz dünnen Zwillingsschicht bestehe, kann man am besten mit Hülfe der Interferenzlinien untersuchen, welche man sieht, wenn man eine Spiritusflamme, die homogen gelb gefärbt ist, an der Zwillingsebene sich spiegeln läßt, und die nicht erscheinen, wenn zwei gröfsere Individuen hemitrop gelagert sind.

Verfolgt man die Veränderungen, die ein Lichtkegel bei seinem Durchgange durch die Zwillingsebene in seinen Dimensionen erfährt, so findet man

a) der einfallende schiefe elliptische Lichtkegel besteht aus ordentlichen Strahlen: der gebrochene ordentliche Strahlkegel ist die ununterbrochene Fortsetzung des einfallenden, der gebrochene außerordentliche Strahlkegel ist ebenfalls schief, jedoch im Allgemeinen vom vierten Grade;

b) der einfallende schiefe elliptische Lichtkegel besteht aus außerordentlichen Strahlen: der gebrochene ordentliche Strahlenkegel ist schief und elliptisch (selbst wenn der einfallende vom vierten Grade seyn sollte); der gebrochene außerordentliche Strahlenkegel ist schief und stets von demselben Grade, wie der einfallende.

4. *Intensität.* Es ist begreiflich, dafs die Intensitätsverhältnisse durch das Nebeneinandersetzen zweier doppelbrechender Mittel noch viel verwickelter ausfallen müssen, als sie es schon für den Uebergang aus einem einfachbrechenden in ein doppelbrechendes Medium sind. Gleichwohl lassen sich einige Phänomene herausheben, welche an sich merkwürdig genug sind und es noch mehr werden, wenn man sie mit den bisher bekannten Verhältnissen vergleicht.

a) die einfallende ordentliche Welle geht zwar ungebrochen in das zweite Individuum über, *erleidet aber gleichwohl eine Schwächung ihrer Lichtstärke durch ordentliche Reflexion*, abgesehen von der gleichzeitig stattfindenden Erregung einer außerordentlich gebrochenen und reflectirten Welle.

Was für einfachbrechende Medien, und Krystalle und einfachbrechende Medien nur für die senkrechte Incidenz gilt, dafs nämlich der Strahl ungebrochen, aber durch Re-

flexion geschwächt, ins zweite Mittel dringt, findet hier im Allgemeinen für jede Incidenz des ordentlichen Strahles statt. Es erinnert dies an das analoge Verhältniß in den Richtungen: während bei isotropen Medien nur für den einzigen Fall der senkrechten Incidenz Einfall-, Reflexions- und Brechungswinkel gleich ist, findet die Gleichheit bei Zwillingen für jeden Einfallswinkel statt (s. 1, a).

b) Im Hauptschnitte pflanzen sich die ordentlichen Strahlen ohne Aenderung ihrer Intensität ins zweite Individuum fort. Im Hauptschnitte stellt daher ein optisch-einaxiger Zwilling bezüglich der ordentlichen Strahlen ein einziges ununterbrochenes Individuum dar. Betrachtet man das Spiegelbild eines leuchtenden Punktes durch ein Nicol'sches Prisma, so wird beim Drehen des Krystalles das ordentliche Bild um so schwächer, je mehr die Einfallsebene sich dem Hauptschnitte nähert, der Hauptschnitt des Nicols habe dabei welche Lage immer. Im Hauptschnitte verschwindet es ganz.

c) Aehnlich, aber nicht gleich, verhalten sich die außerordentlichen Strahlen im Hauptschnitte. Sie pflanzen sich ins zweite Individuum mit ungeänderter Intensität fort, ohne jedoch ihre ursprüngliche Richtung zu behaupten; diese erfährt vielmehr alle die sonderbaren Variationen, die unter 2, c angeführt wurden. Die isophanen Mittel, welche durch Reflexion vollständig (oder nahe zu vollständig) polarisiren, zeigen eine Erscheinung, an welche die hier beschriebene erinnert. Der unter dem Polarisations- (Hauptincidenz-) Winkel einfallende Lichtstrahl wird nämlich, sobald seine Oscillationsebene mit der Einfallsebene coïncidirt, gänzlich (oder nahe zu gänzlich) in das zweite Medium dringen, und es wird sich dabei zwar seine Richtung, aber nicht (oder kaum) seine Intensität ändern. Was nun bei isophanen Medien für den Polarisations- (Hauptincidenz-) Winkel, das gilt im Hauptschnitte eines optisch-einaxigen Zwillingskrystalles für jeden Incidenzwinkel des außerordentlichen Strahles; wir haben daher dort einen Winkel, hier eine Ebene der totalen Brechung.

d) Sehr mannigfach gestalten sich die Verhältnisse im Querschnitte eines Zwillingsskrystalles; wir finden hier den reflectirten Antheil beträchtlicher, als unter irgend einem andern Azimuth. Berücksichtigen wir bloß die Amplituden (die Intensitäten sind proportional dem Quadrate der Amplitude und der bewegten Massen), so finden wir für die einfallende ordentliche Welle in einem Kalkspathzwillinge:

dafs unter allen Incidenzen das gebrochene Licht das reflectirte an Intensität weit übertrifft;

dafs unter den beiden gebrochenen Wellen die Amplitude der ordentlichen Welle um so gröfser ist (sowohl an sich, als auch verglichen mit der Amplitude der außerordentlichen Welle), je kleiner der Neigungswinkel α gegen die Zwillingsebene ist;

dafs bei wachsenden Werthen von α und φ die Amplitude der ordentlich gebrochenen Welle rasch abnimmt und endlich selbst durch die Null geht, bei dem Zwilling

$\alpha = 45^\circ 23',4$ verschwindet \mathcal{A}'' (die Ampl. der ord. gebr. Welle) noch unter keiner Incidenz, obschon es für grofse Incidenzwinkel fast unmerklich wird; bei einem Zwilling von

$\alpha = 50^\circ$ (der zwar in der Natur weder vorkommt, noch vorkommen kann, hier aber als Uebergangsglied immerhin betrachtet werden kann) würde $\mathcal{A}''_0 = 0$ für $\varphi = 58^\circ$ und müfste darüber hinaus wieder zunehmen; bei dem Zwilling

$\alpha = 63^\circ 44',8$ tritt diefs schon unter einer Incidenz $\varphi = 30^\circ$ ein; bei einem Zwilling

$\alpha = 80^\circ$ müfste \mathcal{A}''_0 schon bei $\varphi = 10^\circ$ verschwinden. — Nachdem \mathcal{A}''_0 durch die Null gegangen, nimmt es rasch wieder zu, so dafs es sich dem Werthe von \mathcal{A}'' , aufs neue nähert und dasselbe bei Zwillingen jenseits $\alpha = 70^\circ$ erreicht und weiterhin selbst überholt; bei $\alpha = 80^\circ$ ist \mathcal{A}''_0 wieder beträchtlich gröfser als \mathcal{A}'' , für alle Incidenzen $\varphi > 25^\circ$;

dafs bei wachsenden Werthen von α und φ \mathcal{A}'' , erst gleichförmig zunimmt; sobald aber α dem Werthe von 60° sich nähert, bei $\varphi = 45^\circ$ eine Verzögerung im zunehmenden Wachsthum erfährt, welche bei höheren Werthen von α

auch durch eine ganze Reihe von Incidenzwinkeln vor und nach $\varphi = 45^\circ$ sich erhält, bald auch in eine Verringerung von \mathcal{A}'' übergeht, so daß die Curve, welche den Gang dieser Verhältnisse darstellt, für die höheren Werthe von α eine Schlangenwindung zeigt; die größte Amplitude \mathcal{A}'' entspricht immer nahezu dem Incidenzwinkel, für welchen \mathcal{A}'' sein Minimum erreicht, ohne jedoch genau mit diesem zusammen zu treffen.

Die Punkte 2, 3, 4 wurden an einem Kalkspathprisma folgendermaßen nachgewiesen. Im Doppelspath werden häufig in ein einziges Individuum zahlreiche höchst feine Zwillingssplatten eingebettet gefunden, deren Ebenen parallel einer Fläche des nächst stumpferen Rhomboëders liegen. Ist $ABCDEFGA'$ (Taf. III Fig. 5) die Theilungsgestalt des Kalkspathes, so stellt $abcd$ eine solche Zwillingsslamelle dar. Ich wählte einen Doppelspath, der diese Lamellen in ziemlicher Entfernung von einander zeigte, schnitt parallel einer solchen ein Stück $a'b'c'd'$ AD ab, entfernte die Ecken A und D durch Schnitte, welche etwa 30° gegen $a'b'c'd'$ geneigt waren, und in der Kante fg sich begegneten; die Fläche $a'b'c'd'$ wurde matt geschliffen, die Seiten adf , $dfgc$, cgb , $bgfa$ dagegen sauber geschliffen und polirt. Sieht man durch eine der Seiten adf , cgb , so gewahrt man vier Spiegelbilder einer gegenüberstehenden Kerze, welche um so heller werden, je mehr die Einfallsebene der Linie fg , d. i., dem Querschnitte sich nähert; beim Neigen des Krystalles in dieser Ebene gewahrt man Zu- und Abnahme der Bildintensitäten, entsprechend den Curven, welche ich in meiner ausführlichen Abhandlung in den Denkschriften der Wiener Akademie berechnet und besprochen habe; unter keinem Azimuth der Einfallsebene verschwindet irgend eines der vier Spiegelbilder. — Bringt man nun eine der Flächen $abfg$, $fgcd$ vor das Auge, so erblickt man zwar wieder vier Bilder der Kerzenflamme: aber sie sind weit matter als jene, welche die erste Stellung des Prismas zeigte und werden immer schwächer, je mehr sich die Einfallsebene einer auf fg senkrechten Lage (dem Hauptschnitte) nähert; in der

Nähe dieser verschwinden alle vier Bilder und treten erst dann wieder auf, wenn die Einfallsebene nach der andern Seite hin aus dem Hauptschnitte getreten ist. Dieses Prisma wurde der K. Akademie der Wissensch. vorgelegt, wo das beschriebene Phänomen durch den Anblick der zahlreichen gespiegelten Gasflammen und das gänzliche Verschwinden derselben im Hauptschnitte noch augenfälliger sich darstellte.

So bieten die optisch-einaxigen Zwillinge eine Reihe eigenthümlicher Erscheinungen dar, die zum Theil einfacher, zum Theil viel verwickelter und verborgener sind, als jene, welche sich beim Uebergang des Lichtes aus einem einfachbrechenden in ein einfach- oder doppelbrechendes Medium ergeben; beides, die größere Einfachheit sowohl, als auch die complicirtere Gestaltung, ist bedingt durch die eigenthümliche Combination der zwei Individuen, welche, bei gleichen Werthen der Brechungsindices nur in der Verschiedenheit der Richtungen von einander abweichen. Auf manches, wie z. B. das Nichtentstehen longitudinaler Vibrationen, konnte hier nicht eingegangen werden, und ich muß in dieser Beziehung auf meine Abhandlung selbst verweisen; hier galt es nur, die Sätze zusammenzustellen, welche sich als eine Erweiterung eines Kapitels der Physik der Krystalle ergeben haben.

III. *Ueber Beugungserscheinungen;* *von H. Meyer in Leipzig.*

Betrachtet man einen kleinen leuchtenden Punkt innerhalb oder außerhalb der deutlichen Sehweite, so müssen Beugungserscheinungen im Auge entstehen, und diese sollen im Folgenden betrachtet werden:

1. Bezeichne *O* (Fig. 6 Taf. III) das Auge, *A* einen leuchtenden Punkt außerhalb der deutlichen Sehweite. Die von *A* ausgehenden Strahlen vereinigen sich im Vereini-

gungspunkte a (wenn wir jetzt von der sphärischen Abweichung des Auges absehen) und erzeugen auf der Netzhaut ein vergrößertes Bild rs . Bezeichnet WW die in der Weite des deutlichen Sehens befindliche Welle, so wird, da das Auge die in der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punkte genau sieht, d. h. da die von R oder S ausgehenden Strahlen sich auf der Netzhaut wieder vereinigen, man eigentlich nicht ein vergrößertes Bild von A , sondern das Bild der Welle RS im Auge empfinden, denn nach dem Huyghens'schen Princip erzeugt jeder einzelne Punkt einer Welle eine neue Welle, deren Intensität allerdings nicht in allen Radien gleich ist, sondern beim Entfernen von der radialen Richtung AS , AR etc. sehr schnell abnimmt. In Bezug auf die Größe des Bildes wird eine Aenderung natürlich nicht bedingt, ob wir annehmen, das Bild entsteht, indem sich die Welle in a vereinigt¹⁾, und von da eine neue Welle ausgeht, oder ob wir annehmen, daß die, von den zwischen R und S gelegenen Punkten ausgehenden Wellen sich zwischen r und s wieder vereinigen und so das Bild veranlassen (indem sich die von diesen Punkten ausgehenden, zwischen s und r zusammenkommenden Wellen in gleichem Schwingungszustande befinden und somit unterstützen, während die von näher oder entfernter gelegenen Punkten ausgehenden Wellen sich hinter oder vor der Netzhaut vereinigen), allein in Bezug auf die eintretenden Beugungserscheinungen wird dadurch allerdings eine kleine Aenderung eintreten können.

Wir müßten also bei unserer folgenden Untersuchung die Mittelpunkte der Wellen eigentlich nach rs verlegen, allein dadurch wird die Untersuchung ungemein erschwert; 1) weil wir die Abnahme der Intensität der

1) Wir nehmen hier nach Fresnel an, daß eine auf eine Linse auffallende Welle so abgelenkt werde, daß sie hinter der Linse wieder auf einen Punkt zusammenkommt. Die bei Zugrundlegung dieser Annahme von Fresnel gefundenen Resultate stimmen so genau mit den Versuchen zusammen, daß es wohl gerechtfertigt erscheinen wird, wenn wir hier von diesem Satze Gebrauch machen.

von R z. B. ausgehenden Welle in den von RA abweichenden Radien nicht kennen, welche jedenfalls sehr bedeutend ist, so daß wir die Intensität bei nur einigermaßen abweichenden Radien schon vernachlässigen können; und 2) weil zur Bestimmung der bei r eintretenden, durch die Kante der Iris verursachten Beugungserscheinung nicht nur die von R ausgehende Welle zu berücksichtigen ist, sondern auch die Wellen der R zunächst liegenden Punkte Einfluss ausüben. Wir wollen daher im Folgenden annehmen, die Wellen vereinigen sich in a , die dadurch bedingte Aenderung kann in Betracht der Kleinheit des Abstandes ar nicht bedeutend seyn, und die Rechnung wird wesentlich erleichtert, weil wir jetzt nur eine nach a gerichtete Welle von gleicher Intensität in Betracht zu ziehen haben. Auch bei den späteren Untersuchungen ist dieselbe Annahme zu Grunde gelegt, ohne es jedesmal ausdrücklich zu erwähnen.

2. Die nach a gerichtete Welle¹⁾ wird durch die Iris zum Theil abgehalten, es werden daher Beugungserscheinungen eintreten müssen. Liegt a nur einigermaßen von der Netzhaut entfernt, so können die von p_1 ausgehenden Wellen auf r keinen zu berücksichtigenden Einfluss mehr ausüben, da p_1r zu sehr von der Richtung p_1a abweicht; zur Bestimmung der Intensität des nach r kommenden Lichtes sind nur die zunächst an p angränzenden Theile der Welle p_1p zu berücksichtigen; wir haben also hier nicht den Fall, wenn das Licht durch eine kleine Oeffnung geht, sondern den Fall, wenn das Licht an einer Kante vorbeigeht, vorliegend. Für die Nähe der Netzhaut ist in Bezug auf seitlich gelegene Punkte, wie r oder s , die Pupille zu groß, um sie als Oeffnung betrachten zu können; wir können nur die Beugung an einer Kante berücksichtigen. Je weiter der Punkt, dessen Intensität bestimmt werden soll, nach f zu liegt, um so mehr verlieren die zunächst an p angränzenden Theile der Welle pp_1 und gewinnen die p_1 zunächstliegenden Theile an Wirksamkeit. Ist rs ziemlich

1) Wir sehen hier von dem Einflusse der Linse ab, durch welche ebenfalls kleine Aenderungen bedingt werden können.

groß, so werden für t die Ränder fast ohne Einfluß seyn, wir haben also nach Innen dasselbe Licht, als ob kein Schirm da wäre, ist jedoch rs nicht bedeutend, so werden wir für das Innere des Bildes die Beugung durch eine runde Oeffnung, für die Ränder die Beugung an einer Kante zu bestimmen haben.

Diese soeben angegebenen Verhältnisse stellen sich in noch auffälligerem Grade heraus, wenn wir auf die sphärische Abweichung Rücksicht nehmen Fig. 7 Taf. III. Die mittleren Theile vereinigen sich noch auf einem Punkte der Netzhaut, während die Randstrahlen schon ein vergrößertes Bild verursachen; trifft kein Vereinigungspunkt mehr die Netzhaut, so verursachen die äußersten Strahlen schon ein ziemlich großes Bild, rs , so daß wir für die Mitte die von p und p_1 kommenden Strahlen zu vernachlässigen haben.

3. C Fig. 8 sey der Mittelpunkt, nach welchem eine am Schirme S vorbeigehende Welle gerichtet ist, es soll die Intensität des Lichtes in D bestimmt werden.

Die von Fresnel angegebene Ableitung der äußeren Fransen (*Mém. sur la diffraction de la lumière*) bezieht sich auf den Fall, daß vom leuchtenden Punkte C Fig. 9 ausgehendes Licht vom Schirme S abgelenkt werde; die Differenz der Wege CD und $AC + AD$, d. i. AF , ergibt sich dann annähernd:

$$AF = \frac{AJ^2}{2CJ} + \frac{AJ^2}{2OJ} \text{ d. i. } \\ = \frac{z^2}{2a} + \frac{z^2}{2b} = \frac{1}{2} z^2 \left(\frac{a+b}{ab} \right).$$

Wenden wir dies auf den vorliegenden Fall an, so läßt sich ebenfalls annähernd setzen (Fig. 8):

$$AF = \frac{AJ^2}{2JC} - \frac{AJ^2}{2JD} \\ = \frac{z^2}{2a} - \frac{z^2}{2b} \\ = \frac{z^2}{2} \cdot \frac{b-a}{ab}.$$

1) Derselbe Werth ergibt sich durch folgende Rechnung:

Da es auf diesen Werth bei der von Fresnel ausgeführten Rechnung zunächst nicht ankommt, so kann die weitere Ableitung ganz wie dort ausgeführt erfolgen, und erhalten wir so:

$$z = n \sqrt{\frac{ab\lambda}{2(b-a)}},$$

worin λ die Wellenlänge und n durch Integralrechnung bestimmte, den Maximis oder Minimis entsprechende Zahlenwerthe bedeuten.

Die Breite der Franse x oder vielmehr der Abstand der betreffenden Linie von der Gränze des geometrischen Schattens folgt sodann aus der Proportion:

$$z : x = a : b - a$$

$$x = \frac{b-a}{a} z,$$

$$= n \sqrt{\frac{b(b-a) \cdot \lambda}{2a}}.$$

Nach Fresnel ist für das

	n	Intensität
Max. der ersten Ordnung	1,2172	2,7413
Min. „ „ „	1,8726	1,5570
Max. „ zweiten „	2,3449	2,3990
Min. „ „ „	2,7392	1,6867
Max. „ dritten „	3,0820	2,3022
Min. „ „ „	3,3913	1,7440
Max. „ vierten „	3,6742	2,2523
Min. „ „ „	3,9372	1,7783
etc.		

$$AF = b - AD; AD^2 = a^2 + (b-a)^2 - 2a(b-a) \cos ACD, \text{ d. i.}$$

$$\text{da } \cos JCA = \frac{2a^2 - z^2}{2a^2} = 1 - \frac{z^2}{2a^2},$$

$$AD^2 = a^2 + (b-a)^2 + 2a(b-a) \left(1 - \frac{z^2}{2a^2}\right) = b^2 - z^2 \frac{b-a}{a}.$$

$$AF = b - \sqrt{b^2 - z^2 \frac{b-a}{a}} = \frac{1}{2} z^2 \frac{b-a}{ab}.$$

Bei sehr grossen Werthen von a und b und kleiner Oeffnung, in welchem Falle man die Bogen als gerade Linien und die Strahlen als parallel annehmen kann, wird man die Differenzen mit z proportional annehmen können, wie es Fresnel für Linsen angenommen hat, hier haben wir es jedoch immer mit kleinen Halbmessern zu thun.

Es ist daher der Abstand des ersten Minimum:

$$x = 1,873 \sqrt{\frac{b(b-a)\lambda}{2a}}.$$

4. Diese soeben abgeleitete Formel bestimmt die Erscheinungen, wie sie am Rande des vergrößerten Bildes eines außerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen Punktes eintreten müssen. Allerdings ist sowohl bei der von Fresnel angegebenen, als auch bei der obigen Ableitung vorausgesetzt, daß der die Beugungserscheinungen verursachende Schirm eine *gerade* Kante besitze, während die Pupille einen Durchmesser von 3,4 bis 5^{mm} besitzt; berücksichtigen wir jedoch die Nähe der das Bild auffangenden Netzhaut und die schnelle Abnahme der Intensität, sobald der zu betrachtende Strahl einen Winkel mit dem Strahl der größten Intensität bildet, so ergibt sich leicht, daß diese Krümmung auch hier nur eine ganz unbedeutende Aenderung zu bedingen vermag.

Setzen wir die Entfernung des Brennpunktes von der Netzhaut = d , so ist $a = b - d$ und obige Formel geht über in:

$$x = n \sqrt{\frac{b \cdot d \lambda}{(b-d)}}.$$

Für die Breite der ersten Franse ergibt sich demnach im rothen Lichte von der Wellenlänge $\lambda = 0,000638$, $b = 21^{\text{mm}}$ angenommen:

$$x = 1,873 \sqrt{\frac{21 \cdot 0,000638 \cdot d}{2 \cdot (21-d)}}$$

$$x = 1,873 \cdot 0,0818 \sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

$$x = 0,153 \sqrt{\frac{d}{21-d}}.$$

Für $d = \frac{1}{2}^{\text{mm}}$:

$$x = 0,153 \cdot 0,156 = 0,0239.$$

$$\angle \alpha = 5,5 \text{ Minuten.}$$

Für $d = 1^{\text{mm}}$:

$$x = 0,153 \cdot 0,2236 = 0,0342.$$

$$\alpha = 8 \text{ Minuten.}$$

Für $d = 2^{\text{mm}}$:

$$x = 0,153 \cdot 0,3244$$

$$= 0,0496. \quad \alpha = 11,4 \text{ Minuten.}$$

Die beigeschriebenen Winkelwerthe α geben an, welchem Schwinkel dieses Netzhautbildchen entspricht. Der Abstand des Kreuzungspunktes im Auge von der Netzhaut ist dabei $= 15^{\text{mm}}$ angenommen.

Die zweite dunkle Linie entsteht bei:

$$x = 2,7392 \sqrt{\frac{21 \cdot 0,000638 \cdot d}{2(21-d)}}$$

$$x = 2,7392 \cdot 0,0818 \sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

$$= 0,2241 \cdot \sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

Für $d = \frac{1}{2}^{\text{mm}}$:

$$x = 0,2241 \cdot 0,156 = 0,03496; \quad \alpha = 8 \text{ Minuten.}$$

Für $d = 1$:

$$x = 0,2241 \cdot 0,2236 = 0,0501; \quad \alpha = 11,4 \text{ Minuten.}$$

Für $d = 2$:

$$x = 0,2241 \cdot 0,3244 = 0,0727; \quad \alpha = 16 \text{ Minuten.}$$

Für Violett ist die Wellenlänge $= 0,0003963^{\text{mm}}$; somit wird der erste dunkle Streifen eintreten bei:

$$x = 1,873 \sqrt{\frac{21 \cdot 0,0003963 \cdot d}{2 \cdot (21-d)}}$$

$$= 1,873 \cdot 0,0645 \sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

$$= 0,1208 \sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

$$= 0,1208 \sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

Für $d = \frac{1}{2}$:

$$x = 0,1208 \cdot 0,156 = 0,01884.$$

Für $d = 1$:

$$x = 0,1208 \cdot 0,2236 = 0,0270.$$

Für $d = 2$:

$$x = 0,1208 \cdot 0,3244 = 0,0392.$$

Nach innen wird in den Streifen sonach das Roth, nach außen das Blau sichtbar werden, da das Blau das Maximum der Intensität eher erreicht als das Roth. An der Gränze selbst ist die Intensität sämmtlicher Farben gleich, nämlich = 0,5.

Auch über die Gränze des geometrischen Schattens, d. i. über r und s hinaus wird die Beugung von Einfluss seyn, sie nimmt von 0,5 allmählich ab. (Fresnel *Mém. sur la diffraction de la lumière* p. 430.) Im Abstände

$$x = v \sqrt{\frac{b \cdot (b-a) \lambda}{2a}} = v \sqrt{\frac{b \cdot d \cdot \lambda}{2(b-d)}}, \text{ wo}$$

$v =$ ist die Intensität =

0,10 0,4095

0,2 0,3359

0,5 0,1898

1 0,0825

2 0,0247

3 0,0113

4 0,0064

5 0,0041

Für $d = \frac{1}{2}$ und rothes Licht ergibt sich hiernach die Intensität in einem Abstände

$$x = 0,1 \sqrt{\frac{21 \cdot d \cdot 0,000638}{2(21-d)}}$$

$$= 0,1 \cdot 0,0818 \sqrt{\frac{d}{21-d}}$$

$$= 0,1 \cdot 0,0818 \cdot 0,156 = 0,1 \cdot 0,01276 = 0,001276$$

Abstand.	$\angle \alpha.$	Intensität.
$x = 0,001276$	16 Sec.	0,4095
$x = 0,002552$	35 Sec.	0,3359
$x = 0,006380$	1,5 Min.	0,1898
$x = 0,01276$	3 "	0,0825
$x = 0,02552$	6 "	0,0247
$x = 0,0638$	15 "	0,0041.

5. Ist die Entfernung des Vereinigungspunktes von der Netzhaut ziemlich groß, so wird, wie schon unter 2) ge-

zeigt, für die Mitte des Bildes die Pupille ohne Einfluß seyn. Wir müßten demnach einen entfernten Punkt als eine am Rande von mehreren dunklen, nach innen immer enger zusammenstehenden Ringen unterbrochene Scheibe erblicken. Diefes ist nun aber, wie schon in dem Aufsatze Pogg. Ann. XCVII S. 233 gezeigt, nicht der Fall, dem kurzsichtigen Auge erscheint vielmehr eine etwa 40 — 50 Fufs entfernte Lichtquelle als eine, von einem aufsen blauen, innen rothen Rande begränzte, mit dunklen Punkten besäete Scheibe. Der innere Theil wird gleichsam aus einem lichten Gewebe von ziemlich viel Maschen gebildet. Die Maschen werden um so enger, je näher sie dem Mittelpunkte der Scheibe stehen; auf die Länge des Radius kommen etwa 6 Maschen. Der äußere Kranz ist nur an wenigen Stellen von dunklen Punkten unterbrochen, an einigen anderen Stellen ist eine etwas größere Helligkeit zu bemerken; er ist nicht vollkommen rund, je nach der Gestalt der Pupille; an einigen Stellen ist er etwas eingedrückt. Der innere rothe Saum verursacht, daß dieser äußere Ring von der Scheibe scharf abgegränzt sich darstellt; auch das äußere Blau ist deutlich wahrzunehmen.

Von den die Maschen bildenden Linien zeigen einige der dem Rande näher liegenden nach aufsen blaue, nach innen rothe Säume; an den der Mitte näher liegenden Linien sind meist keine Farben wahrzunehmen. Dieses Netz bleibt unverändert dasselbe, wird aber zuweilen von vorübergehenden Erscheinungen unterbrochen. So gehen häufig während des Beobachtens dunkle, mit mehreren schmalen, abwechselnd hellen und dunklen, nach aufsen immer enger werdenden Ringen umgebene Punkte durch das Feld, verursacht durch Beugung des Lichts an vorübergehenden Fettkügelchen. Auch ganze helle Linien gehen nicht selten quer durch, sie zeigen nach aufsen blaue, nach innen rothe Ränder. Drückt oder reibt man das geschlossene Auge etwas, so treten ähnliche, quer durch das vergrößerte Bild gehende, aufsen blau und innen roth besäumte Linien auf und bleiben längere Zeit stehen; sie verschwinden selbst

beim Oeffnen und Schliessen des Auges nicht, vergehen aber sogleich oder werden doch andere, sobald man das Auge wieder reibt; sie werden demnach wahrscheinlich von Runzeln verursacht, die sich beim Drücken des Auges in der Conjunctiva bilden.

Der aufsen blaue, nach innen rothè, das vergrößerte Bild umschliessende Ring ist offenbar die erste, breiteste Franse der am Rande der Pupille verursachten Beugungserscheinung ¹).

Ein 19 Fufs entfernter leuchtender Punkt verursacht eine Scheibe von $\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser (gemessen in 16 Zoll Entfernung vom Auge) mit einem nicht ganz $\frac{1}{16}$ Zoll breiten äusseren Rande, wonach sich für die Breite des Netzhautbildchens 0,35^{mm} und für die Breite des Randes im Auge 0,058^{mm} ergibt. Der Abstand des Brennpunktes ergibt sich, die Gröfse der Pupille = 3,4 angenommen, durch die Proportion:

$$3,4 : 0,35 = 21 - x : x$$

$$x = 2^{\text{mm}}.$$

Die bei $d = 2^{\text{mm}}$ sich ergebende erste Franse betrug aber: 0,0496, welcher Werth mit dem oben gefundenen gut übereinstimmt.

Das innere Netz läfst sich durch die blofse Beugung am Rande der Pupille nicht erklären. Ein Einflufs der Ränder auf die mittleren Theile wird bei dieser Gröfse des Netzhautbildes nicht anzunehmen seyn, doch selbst vorausgesetzt, dafs ein solcher Einflufs stattfinde, würde er nur eine Aenderung in der Entfernung der hellen und dunklen Linien, aber kein derartiges Netz bedingen können; wir müssen also zur Erklärung dieser Erscheinung noch andere Beugungserscheinungen hinzunehmen, wie sie auch bei den

- 1) Die Ursache, weshalb man die andern hellen und dunklen Ringe nicht wahrnimmt, dürfte zum grofsen Theil in der Ausdehnung der Lichtquelle zu suchen seyn, wodurch ein Ueberdecken der weniger weit von einander entfernten innern Ringe bedingt wird. Auch die innerhalb der deutlichen Sehweite auftretenden Erscheinungen beweisen dies.

folgenden Versuchen sich herausstellen; wir werden später hierauf zurückkommen.

Das nach aufsen abgelenkte Licht wird, wie die obigen Zahlen zeigen, bald so schwach, dafs man es nicht mehr wahrzunehmen vermag; bei 6 Minuten betrug die Intensität nur noch 0,0247. Man kann dieses Licht schon deshalb nicht wahrnehmen, weil, wie in dem Aufsätze Pogg. Ann. Bd. XCVI, S. 235 gezeigt, jedes helle Bild von einem durch Beugung erzeugten Hofe umgeben ist. Schon diese Abhandlung zeigte, dafs wir aufser der Beugung am Rande der Pupille eine weitere Beugung des Lichtes durch ein Netz oder dergl. annehmen müssen. Ob die diesen Hof und die das maschenartige Ansehen, welches ein aufserhalb der deutlichen Schweite befindlicher leuchtender Punkt zeigt, bedingende Ursache dieselbe ist, müssen wir dahin gestellt seyn lassen, jedenfalls brauchen wir zur Erklärung der beim kurzsichtigen Auge eintretenden Erscheinungen kein so enges Netz vorauszusetzen, wie wegen des Hofes nöthig war. Der Annahme, dafs die durch die Pupille nach aufsen verursachte Beugung diesen Hof veranlasse, indem wir meist eine gröfsere Anzahl leuchtender Punkte haben, deren abgelenktes Licht beim Ueberdecken auch eine gröfsere Intensität bedingen kann, widerspricht das im Hofe zweimal auftretende Roth, die Intensitätsverhältnisse etc.

6. Ist der leuchtende Punkt dem Auge, also der Brennpunkt (oder mit Berücksichtigung der sphärischen Abweichung, die Brennweite) der Netzhaut näher, so wird man für der Mitte des Netzhautbildchens näher gelegene Punkte den Einfluß der am Rande der Pupille vorbeigehenden Wellen nicht mehr vernachlässigen können, da *p t* Fig. 10 Taf. III einen nur unbedeutenden Winkel mit *pa* einschließt; auch ist es sehr wahrscheinlich, dafs vermöge der Gestalt der Linse mit der Nähe des leuchtenden Punktes die sphärische Abweichung abnimmt, wegn sie vielleicht auch nicht ganz gleich Null wird. Der Einfachheit halber wollen wir im Folgenden annehmen, die Welle sey nach einem Punkte gerichtet.

Sey pp_1 Fig. 11 Taf. II eine kreisförmige Oeffnung, pHp_1 eine nach C gerichtete Welle; die Intensität in D wird sich ganz ähnlich ableiten lassen, wie sie von Fresnel für kreisförmige Oeffnungen bestimmt ist. Denken wir uns die Welle pHp_1 in unendlich kleine Ringe zerlegt, so daß die von zwei auf einander folgenden Ringen nach D gesendeten Strahlen um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge verschieden sind, so werden die Flächenräume dieser Ringe gleich seyn (denn auch hier wächst die Differenz der Wege proportional mit dem Quadrate des Abstandes von H), ist also pD nicht zugeneigt, so daß wir die Intensität zwischen pD und pC als gleich annehmen können, so werden je zwei auf einanderfolgende Ringe sich zerstören. Ist demnach die Anzahl der Ringe eine gerade, so wird man Dunkelheit, ist die Anzahl der Ringe eine ungerade, Helligkeit erhalten.

Genauer geht man (wie Fresnel ausführlich gezeigt hat), wenn man annimmt, daß sich nicht zwei aufeinanderfolgende Streifen, sondern stets nur die halben Streifen zerstören. Die Hälfte des mittelsten Kreises kommt dann auf die Hälfte des äußersten Ringes; ist die Intensität der Strahlen pC und pD gleich, so wird dadurch eine Aenderung natürlich nicht bedingt, ist jedoch pD ziemlich geneigt gegen pC , so wird, bei vorausgesetzter gerader Anzahl Ringe (den mittelsten kleinen Kreis als Ring mitgezählt,) der halbe äußere Ring die Wirkung des halben inneren Kreises nicht zu zerstören und bei ungerader Anzahl nicht zu verdoppeln vermögen; je weiter wir uns also von C entfernen, um so mehr werden die hellen und dunklen Stellen an Intensität gleich werden.

In der Nähe des Punktes C , sowohl innerhalb als auch außerhalb desselben, wird es also eintreten können, daß die Mitte des Netzhautbildchens dunkel ist, und dies tritt wirklich ein, wie die folgenden Versuche beweisen.

Soll Dunkelheit eintreten, so muß $Ip = \lambda, 2\lambda, 3\lambda$ etc. seyn; es ist aber wie oben bereits abgeleitet

$$Ip = \frac{z^2(b-a)}{2ab}$$

d. i., da $a = b - d$,

$$n\lambda = \frac{x^2 \cdot d}{2(b-d)b},$$

woraus folgt

$$d = n\lambda \frac{2b^2}{x^2 + 2b\lambda}$$

Betrachtet man den von Tageslicht erhellten Kopf einer Stecknadel aus 16 Zoll Entfernung mit sehr kurzsichtigem Auge, so erhält man eine $\frac{3}{16}$ Zoll im Durchmesser haltende Scheibe, der äußere innen rothe, außen blaue Ring nimmt ungefähr $\frac{1}{3}$ des Halbmessers ein. Dieser Ring ist nicht an allen Stellen gleich intensiv. In der Mitte der Scheibe zeigt sich ein dunkler Punkt ¹⁾, umgeben von einem schmalen, hellen Rändchen. Der Raum zwischen diesem Rändchen und dem äußern Kranze ist ziemlich dunkel und nur von einigen radialen lichten Linien unterbrochen, auf welche wir später zurückkommen werden. Noch deutlicher zeigt sich die dunkle Mitte und der äußere Rand (wenigstens für die Messung) wenn man statt des Stecknadelkopfes die Nadel selbst das Licht reflectiren läßt, oder auch dieselbe so legt, daß beide gleichzeitig Licht reflectiren. Die Mitte erscheint ziemlich dunkel, zu beiden Seiten mit schmalen hellen Räumen begränzt; nach einem dunklen Zwischenraum folgt dann auf jeder Seite ein zweiter schmaler Lichtstreif, etwas weniger hell, und sodann der nach innen deutlich rothe und nach außen blaue breitere äußere Rand. Die zweiten schmalen Bändchen werden durch die hellen Stellen im Ringe des leuchtenden Punktes verursacht ²⁾. Die Größe des Netzhautbildchens beträgt (den Abstand des Kreuzungspunktes im Auge von der Netzhaut = 15^{mm} angenommen) 0^{mm},18; die Breite des äußeren Ringes = 0,03^{mm}. Der Abstand des Brennpunktes ergibt sich (die Größe der Pupille = 3,4 angenommen) aus der Proportion:

1) Er beginnt, wenn das Auge 14 Zoll entfernt ist.

2) Diese hellen Stellen werden durch die in Pogg. Ann. XCVII bereits beschriebene Gabelung der radialen Strahlen bedingt, auf die wir weiter unten zurückkommen.

$$3,4 : 0,18 = 21 - x : x.$$

$$x = \frac{0,18 \cdot 21}{3,4 + 0,18} = 1^{\text{mm}}.$$

Die für $d=1$ sich ergebende erste Franse betrug 0,0342, also fast genau der obige Werth. Nicht so gut stimmt der für die Dunkelheit berechnete Abstand des Brennpunktes. Für rothes Licht müßte nach obiger Formel Dunkelheit eintreten bei

$$d = \frac{\lambda \cdot 2d^2}{x^2 + 2d\lambda} = \frac{0,000638 \cdot 2 \cdot 21^2}{1,7^2 + 2 \cdot 21 \cdot 0,000638} = 0,2^{\text{mm}}),$$

während wir ungefähr 1^{mm} erhalten haben. Die Ursache hiervon ist die unrichtige Annahme, daß die Welle nach einem Punkte C gerichtet sey; vermöge der sphärischen Abweichung werden die mittelsten Strahlen sich in einem der Netzhaut näher liegenden Punkte vereinigen, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieser vielleicht nicht mehr als $0,2^{\text{mm}}$ abweicht.

In 18 Zoll Entfernung von dem leuchtenden Punkte ist der mittelste Punkt des Netzhautbildchens wieder hell, bei größserer Entfernung wird derselbe wieder dunkel, in noch größserer Entfernung ist die Bestimmung zu unsicher.

Die durch Reflexion an der Nadel erzeugte Lichtlinie giebt in 18 Zoll Entfernung ein Bild mit einer ziemlich hellen Mittellinie, auf welche nach beiden Seiten ein ziemlich großer dunkler Raum folgt; hierauf kommt wieder eine schmale Lichtlinie und in geringer Entfernung davon nach außen wiederum der breitere, innen rothe, außen blaue Streifen. Ueber 18 Zoll wird die Mitte wieder dunkel, bei 24 Zoll zeigt sich wieder eine feine Lichtlinie in der Mitte etc.

7. Wie bereits mehrfach erwähnt, traten außer den durch die Pupille bedingten Beugungserscheinungen noch andere ein. Ein 16 bis 18 Zoll entfernter, durch reflectirtes Licht erzeugter leuchtender Punkt zeigt dem kurzsich-

- 1) Da die andern Farben nicht gleichzeitig mit Roth gleich Null werden, so kann bei weißem Lichte auch verschiedene Färbung der Mitte, je nach dem Abstände des leuchtenden Punktes eintreten, wovon ich jedoch nichts wahrgenommen habe.

tigen Auge noch helle radiale Linien; in 24 Zoll und mehr Entfernung erscheint der mittlere Theil des vergrößerten Bildes als eine mit hellen und dunkeln Punkten besäete Scheibe, indem die radialen Linien an einzelnen Stellen schwächer werden, oder auch ganz verschwinden; man unterscheidet wohl die Richtung der Strahlen noch, aber man sieht sie nicht mehr als zusammenhängende, ziemlich gleichbreite Lichtlinien. In größerer Entfernung werden die hellen Punkte schmaler, und man bekommt mehr den Eindruck eines aus hellen Linien gebildeten Netzes. Die Entfernung, in welcher dieser Wechsel eintritt, hängt von der Größe der Lichtquelle ab; eine größere Lichtquelle erscheint noch als eine mit hellen und dunkeln Punkten besäete Scheibe, während ein kleiner leuchtender Punkt in derselben Entfernung bereits als ein helles Maschennetz sich darstellt. So zeigt z. B. eine größere Lichtquelle in etwa 11 Fufs Entfernung selbst dem kurzsichtigen Auge noch deutlich die radialen Strahlen ziemlich zusammenhängend.

Stellt man einen Schirm mit ganz kleiner Oeffnung vor die Glocke der Studirlampe und entfernt das kurzsichtige Auge allmählich über die deutliche Sehweite, so entwickeln sich, wie in der Abhandlung Pogg. Annal. Bd. XCVII, S. 233 bereits gezeigt, im Bilde bald kleine radiale Strahlen, (in etwa 6 Zoll Entfernung), zunächst oben dann auch an der Seite, bis sich in 10 bis 12 Zoll Entfernung die in Fig. 11 des genannten Aufsatzes ¹⁾ dargestellte Strahlenfigur herausstellt. Durch die sich aufsen gabelnden radialen Strahlen wird ein Rand gebildet, zwischen welchen noch der von der Iris gebildete Kranz schwach zum Vorschein kommt. Die Gabeln zeigen nach aufsen blau, nach innen roth; an den radialen Strahlen sind Farben nicht zu unterscheiden.

Die Ursache dieser radialen Lichtlinien ist wahrscheinlich ebenfalls Beugung, nämlich die durch feine, undurchsichtige (oder auch nur das Licht anders brechende) Linien

1) Die dunklen Linien der Figur stellen die Lichtlinien dar.

erzeugte Beugung, welche Fresnel ebenfalls bereits betrachtet hat.

Unterbricht man die von einem leuchtenden Punkte A Fig. 12 Taf. II ausgehenden Wellen durch einen schmalen dunklen Körper L , so werden äufsere und innere Fransen erzeugt. Ist der Körper breit, oder A dem Schirme nahe, so sind die innern Fransen meist weniger intensiv, als die äufsern; ist jedoch der Körper sehr schmal und A weit entfernt, so wird eine sehr helle Mittellinie erzeugt, während auch die äufsern Fransen durch das von beiden Seiten kommende Licht eine Aenderung erleiden.

Ist der Vereinigungspunkt der Netzhaut nahe, so wird ein feiner opaker, oder das Licht anders brechender, also ablenkender Körper l (Fig. 13 Taf. II) einen nur sehr kleinen und dunklen Schatten verursachen; die von der Mitte u dieses Raumes nach den Rändern des Körpers l gezogenen Strahlen werden nur ganz wenig von den an diesen Rändern vorbeigehenden, nach a gerichteten Strahlen abweichen, und so mufs der dunkle Körper eine helle Lichtlinie erzeugen. Es wird sich die innere Lichtlinie sofort an die ersten äufseren Fransen anschliessen, und so eine breitere Lichtlinie bilden. Ist der Vereinigungspunkt a weiter von der Netzhaut entfernt, so wird der geometrische Schatten von l gröfser, die Mitte wird daher weniger hell bis dunkel erscheinen, und nur die äufsern Fransen deutlich hervortreten. Bei noch gröfserer Breite werden sich auch innerhalb des geometrischen Schattens wieder mehrere weniger helle Lichtlinien entwickeln können, doch tritt dieser Fall beim Auge wahrscheinlich nicht ein, da der Vereinigungspunkt sich nicht so weit von der Netzhaut entfernt, und die die Beugung verursachenden Linien äufserst schmal sind. Die nach aufsen gerichteten Säume der hellen Fransen müssen in beiden Fällen roth erscheinen.

Bei gröfserer Entfernung des leuchtenden Punktes mufs also eine Theilung der Lichtlinien eintreten, diefs ist aber wirklich der Fall; in ungefähr 36 Zoll Entfernung erscheinen alle Strahlen in der Mitte durch einen dunklen Streif getrennt. Beim Nähern rücken diese hellen Linien zusam-

men, bis sie in einen hellen Strahl zusammenfallen. Hiermit in Uebereinstimmung zeigte eine etwas grössere Lichtquelle in etwa 9 bis 11 Fufs Entfernung eine von dem aufsen blauen, innen rothen Kranze umschlossene Scheibe, in welcher die radialen Strahlen deutlich hervortraten, aber verbreitert und gespalten. In den Räumen zwischen den Strahlen traten noch einige (2 bis 3) kleinere Linien in verschiedenen Richtungen auf.

8. Bei wenig intensiver kleiner Lichtquelle sieht man fast nichts als die radialen Strahlen mit ihren Zacken, die Zwischenräume zwischen den radialen Strahlen sind dunkel, und auch der Kranz ist *nicht* geschlossen, sondern nur durch die sich gabelnden Strahlen angedeutet. Bei grösserer oder hellerer Lichtquelle stehen die durch die Gabeln verursachten Bogen etwas weiter in die Fläche herein und zwischen den Zacken dieser Bogen kann man matten den durch die Beugung an der Iris erzeugten Kranz wahrnehmen, so dafs die Scheibe vollkommen geschlossen erscheint und nur an einzelnen Stellen von den Zacken überragt wird.

Die Ursache der Gabeln und Zacken müssen wir ähnlich wie die der Strahlen in dunkeln (oder das Licht ablenkenden) Linien suchen, wir müssen annehmen, dafs die die radialen Strahlen verursachenden Linien sich oben gabeln. Zwischen Gabelung und Iris geht wahrscheinlich kein Licht durch, weshalb auch die Gabelung in dem Netzhautbildchen aufsen blau zeigt (möglich, dafs auch der Mangel an Achromatismus des Auges zu dieser Färbung beiträgt, s. 12). Ich vermag wenigstens zwischen den Zacken derselben Gabelung kein Licht wahrzunehmen; bei andern Beobachtern kann es anders seyn. Da wo die Zacken der Gabelung durch den Rand gehen, wird dieser eine grössere Helligkeit zeigen müssen; es wird durch die radiale Zacke und den Rand der Iris gleichsam eine Ecke gebildet; wie Fresnel aber bereits für kleine runde Oeffnungen gezeigt hat, kann durch diese Licht von einer viermal grösseren Intensität erzeugt werden, als wenn der Schirm nicht vorhanden wäre.

Bei wenig hellem und namentlich in gröfserer Entfernung befindlichem Lichte sieht man, wie bereits erwähnt, nur die radialen Strahlen mit ihren Gabeln und Zacken. Wahrscheinlich ist hier das an dem Rande der Pupille hingehende Licht zu schwach, um empfunden zu werden, da durch die sphärische Abweichung das Licht um so schwächer wird, je weiter man sich vom Mittelpunkte entfernt. Die weiter hereinragenden, die radialer Strahlen und Gabeln verursachenden Linien werden bereits von intensivem Lichte getroffen und erzeugen somit fühlbare Linien. Hierzu kann ferner beitragen, dafs beim Betrachten eines matten Lichtes die Pupille erweitert ist, und hierdurch eine gröfsere Entfernung des Pupillenrandes von den dunklen o. a. Linien bedingt wird.

Auch in dem dem kurzsichtigen Auge bei gröfserer Entfernung des leuchtenden Punktes sich darstellenden Netze lichter Linien kann man die Richtung der radialen Strahlen noch wahrnehmen, theils durch eine etwas gröfsere Helligkeit dieser Theile (eine fortlaufende grade Linie ist nicht wahrzunehmen), theils durch hellere Stellen in dem die innere Scheibe umschliessenden Rande, welche sich da bilden, wo die Zacken der Gabeln in den Kranz treten. Jeder Strahl mit Gabelung und Zacken scheint in eine Anzahl Maschen aufgelöst.

Es fragt sich jetzt, ob sich auch das in gröfserer Entfernung sichtbare Netz vollkommen aus den betrachteten Beugungserscheinungen ableiten läfst, und was die Ursache ist, dafs sich in geringer Entfernung die Erscheinung anders darstellt?

Nehmen wir an, dafs man bei gröfserer Entfernung nicht nur den ersten, sondern auch die folgenden Ringe der am Rande der Pupille erzeugten Beugungserscheinung wahrzunehmen vermag, dafs ferner auch die radialen Linien nicht nur eine, sondern eine ganze Reihe theils äufsere, theils innere Frausen erzeugen (dafs ein Trennen der Strahlen bei gröfserer Entfernung eintritt, ist bereits oben durch die Theorie und die Beobachtung gezeigt), so wird aller-

dings durch diese beiden Wirkungen ein netzartiges Ansehen bedingt werden müssen; auch bemerkt man wirklich in dem Netze eine mehr radiale Anordnung und ein Engerwerden der Lichtlinien (Kleinerwerden der Maschen) nach der Mitte zu, wie es durch obige Annahme bedingt werden muß. Nur sollte man eine größere Regelmäßigkeit und eine schnellere Abnahme der Ausdehnung der Maschen in radialer Richtung erwarten. Die Regelmäßigkeit kann namentlich an den Rändern durch die Gabelung der Lichtlinien etwas vermindert seyn, zumal auch diese Gabeln und Zacken sich in mehrere Linien trennen müssen, ebenso wie die hellen Radien. — Ob noch andere Ursachen zur Entstehung dieses maschenartigen Ansehens mitwirken, läßt sich schwer entscheiden, jedoch ist es sehr wahrscheinlich, da schon der in Pogg. Ann. Bd. XCVI, S. 335 näher beschriebene Hof eine Beugung durch enge Oeffnungen voraussetzt. Auch sprechen einige innerhalb der deutlichen Sehweite erhaltene Erscheinungen dafür, daß noch eine weitere Beugung oder Lichtablenkung vorhanden ist. (s. d.)

Die Ursache, weshalb in größerer Nähe die Erscheinung nicht in gleicher Weise sich darstellt, hängt eng mit der sphärischen Abweichung und den Aenderungen zusammen, welche dieselbe mit dem Nähern des leuchtenden Punktes erleidet. — Aus beiden Ursachen folgt, daß in größerer Entfernung des leuchtenden Punktes die Scheibe weit mehr gleichmäßig erleuchtet ist, als bei größerer Nähe, bei welcher wahrscheinlich nur wenige ziemlich am Rande eintretende Strahlen abgelenkt werden. Auch ist zu berücksichtigen, daß wenn sich die Lichtquelle dem Auge näher befindet, sie nicht mehr als ein leuchtender Punkt betrachtet werden kann, vielmehr die durch die einzelnen Punkte verursachten Linien zum Theil aufeinander fallen. Hiermit ist in Uebereinstimmung, daß eine größere Lichtquelle in größerer Entfernung noch dieselben Erscheinungen darbietet, als eine kleine Lichtquelle in geringer Entfernung, wie oben bereits angegeben.

9. Aehnliche Erscheinungen, wie wir sie für das ziem-

lich kurzsichtige Auge beim Beobachten eines kleinen leuchtenden Punktes in etwa 12 bis 14 Zoll Entfernung beschrieben haben, stellen sich dem guten Auge (oder dem kurzsichtigen durch die Brille) auch in größerer Entfernung dar, wie bereits in Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 näher beschrieben.

Die Erklärung dieser Erscheinungen bleibt dieselbe, welche wir oben gaben. Die mittelsten Strahlen vereinigen sich noch auf der Netzhaut, die vom Centralstrahl mehr abweichenden Strahlen werden jedoch abgelenkt und erzeugen beim Vorübergange an dem Rande der Pupille und an den dunklen Linien Beugungslinien. Auch die Erklärung für die Gabelung bleibt dieselbe. Möglicherweise liefse sich die größere Breite und Intensität der radialen Strahlen an der Peripherie der lichten Scheibe auch ohne Annahme einer Gabelung der dunklen Linien erklären, wenn man berücksichtigt, daß da, wo die dunklen Linien unter dem Rande der Pupille vorbeigehen, eine Ecke gebildet und dadurch eine größere Intensität im Kranze erzeugt wird; doch stimmt hiermit nicht die Spaltung der Zacken und Gabelung bei größerer Entfernung des leuchtenden Punktes überein. Die Annahme, daß die Gabelung durch vorragende Theile der Iris verursacht werde, würde auch die Uebereinstimmung der radialen Strahlen und der Gabelung gänzlich unerklärt lassen. — Daß wir bei geringer Intensität des Lichtes nur die radialen Strahlen und Gabelung, aber nicht den durch den Rand der Pupille verursachten Beugungsring wahrnehmen, liegt ebenfalls, wie schon oben angegeben, in der geringen Intensität der äußeren Lichtstrahlen, da ja selbst bei gewöhnlichen Linsen die sphärische Abweichung mit der dritten Potenz des Oeffnungshalbmessers zunimmt, bei dem Bau der Linse im Auge wahrscheinlich in einer noch höhern Potenz.

Mit dieser Erklärung stimmen auch die in Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 beschriebenen besondern Fälle, wonach einige Beobachter neben dem einen radialen Hauptstrahl noch einen zweiten schmälern sehen, sehr gut überein.

Ob diese dunklen Linien Spalten der Linse, oder Reste von den durch den Glaskörper hindurchgehenden, in der Nähe der Linse sich verzweigenden Adern sind, wollen wir nicht weiter untersuchen, da es mehr in das Gebiet der Physiologie gehört; auf die große Ähnlichkeit der Aderfigur ist bereits in der frühern Abhandlung aufmerksam gemacht ¹⁾.

10. Ähnliche Betrachtungen, wie unter 1 bis 7 über die durch einen *aufserhalb* der deutlichen Sehweite befindlichen, leuchtenden Punkt im Auge erzeugten Beugungserscheinungen angegeben wurden, lassen sich auch für einen innerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punkt anstellen. Bezeichne *A* Fig. 9 einen innerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punkt, *a* den Vereinigungspunkt; sehen wir jetzt von der sphärischen Abweichung ab, so werden die von *A* ausgehenden Wellen im Auge nach *a* convergiren und beim Vorübergange an dem Rande der Pupille zu Beugungserscheinungen Anlaß geben. Ist *rs* nicht ganz klein, so werden für *r* und *s* nur die an einer Kante eintretenden Beugungserscheinungen zu berücksichtigen seyn; ist *rs* ziemlich groß, so wird selbst für die Mitte der Einfluß des Randes der Pupille verschwinden; ist *rs* jedoch weniger ausgedehnt, so wird für die Mitte die ganze kreisförmige Oeffnung von Einfluß seyn.

Sei *C* Fig. 15 der Mittelpunkt der am Schirme *S* vorbeigehenden Wellen; es soll die Intensität in *D* bestimmt werden. Die Differenz der Wege ist:

$$AF = \frac{AJ^2}{2JD} - \frac{AJ^2}{2JC} = \frac{z^2}{2b} - \frac{z^2}{2a} = \frac{z^2}{2} \cdot \frac{a-b}{ab}.$$

1) Daß diese radialen Linien die mit *einem* Auge wahrnehmbaren Doppelbilder verursachen, ist bereits von Prof. Fechner (Pogg. Ann. Bd. 50, S. 200) und Dr. Fliedner (Pogg. Ann. Bd. 85, S. 321) angegeben; genauer genommen sind es nicht die radialen Strahlen, sondern die äußeren Zacken der Strahlen, welche diese Doppelbilder veranlassen, ähnlich wie bei den oben beschriebenen Versuchen mit der von einer Stecknadel reflectirten Lichtlinie angegeben.

Auf ähnliche Weise wie in 3. folgt:

$$z = n \sqrt{\frac{ab\lambda}{2(a-b)}},$$

worin λ die Wellenlänge und n für die Maxima und Minima durch Integralrechnung bestimmte Zahlwerthe bezeichnet.

Der Abstand x der betreffenden Franse von der Gränze des geometrischen Schattens folgt denn aus der Proportion:

$$z : x = a : a - b$$

$$x = z \frac{a-b}{a}$$

$$= n \sqrt{\frac{b(a-b)\lambda}{2a}}.$$

Für n gelten die bereits in 3) aufgeführten Zahlwerthe. Es ist also der Abstand des ersten Minimum

$$x = 1,873 \sqrt{\frac{b(a-b)\lambda}{2a}}.$$

Bezeichnen wir die Entfernung des Vereinigungspunktes von der Netzhaut durch d , so ist $a = b + d$, und somit

$$x = n \sqrt{\frac{bd\lambda}{2(b+d)}}.$$

Für die Breite der ersten Franse ergibt sich demnach im rothen Lichte von der Wellenlänge $\lambda = 0,000638$ und für $b = 21^{\text{mm}}$

$$x = 1,873 \sqrt{\frac{21 \cdot d \cdot 0,000638}{2(21+d)}}$$

$$= 1,873 \cdot 0,0818 \sqrt{\frac{d}{21+d}} = 0,1532 \sqrt{\frac{d}{21+d}}$$

d. i. für $d = \frac{1}{2}$:

$$x = 0,1532 \sqrt{\frac{1}{43}} = 0,532 \cdot 0,15 = 0,02298$$

und der entsprechende Winkel

$$\alpha = 5,3 \text{ Min.}$$

Für $d = 1^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 0,213 = 0,0326. \quad \alpha = 7 \text{ Min.}$$

Für $d = 2^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 0,2948 = 0,04516. \quad \alpha = 10 \text{ Min.}$$

Für $d = 3^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 0,353 = 0,05408. \quad \alpha = 12 \text{ Min.}$$

Für $d = 10^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 0,57 = 0,087324. \quad \alpha = 20 \text{ Min.}$$

Für $d = 50^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 0,84 = 0,1287. \quad \alpha = 30 \text{ Min.}$$

Für $d = \infty$:

$$x = 0,1532. \quad \alpha = 35 \text{ Min.}$$

Befindet sich der leuchtende Punkt innerhalb des vorderen Brennpunktes, so werden die Strahlen im Auge *divergiren*, es tritt also unmittelbar der von Fresnel behandelte Fall ein, und läßt sich somit sofort die Formel benutzen:

$$x = 1,873 \sqrt{\frac{(a+b)b\lambda}{2a}}$$

d. i. bei $\lambda = 0,000638$ und $b = 21$

$$\begin{aligned} x &= 1,873 \sqrt{\frac{(a+21)21 \cdot 0,000638}{2a}} \\ &= 1,873 \cdot 0,0818 \sqrt{\frac{a+21}{a}} \\ &= 0,1532 \sqrt{\frac{a+21}{a}}. \end{aligned}$$

Für $a = 50^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 1,2 = 0,18384. \quad \alpha = 42 \text{ Min.}$$

Für $a = 25^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 1,36 = 0,20835. \quad \alpha = 55 \text{ Min.}$$

Für $a = 10^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 1,76 = 0,269632. \quad \alpha = 1^{\circ} 1'.$$

Für $a = 5^{\text{mm}}$:

$$x = 0,1532 \cdot 2,28 = 0,349296. \quad \alpha = 1^{\circ} 20'.$$

Für violettes Licht folgt auf gleiche Weise:

$$\begin{aligned} x &= 1,873 \sqrt{\frac{21 \cdot d \cdot 0,0003963}{2(21+d)}} \\ &= 1,873 \cdot 0,0645 \sqrt{\frac{d}{21+d}} \\ &= 0,1218 \sqrt{\frac{d}{21+d}}. \end{aligned}$$

Für $d = \frac{1}{2} \text{ mm}$:

$$x = 0,1218 \cdot 0,15 = 0,01827. \quad a = 4,6 \text{ Min.}$$

etc. etc.

Ohne Berücksichtigung der sphärischen Abweichung, welche innerhalb der deutlichen Sehweite ebenfalls stattfindet (Pogg. Ann. Bd. 96, S. 607), müßten die hier eintretenden Erscheinungen ganz ähnlich denen seyn, welche stattfinden, wenn der leuchtende Punkt außerhalb der deutlichen Sehweite liegt. Es müßte sich, abgesehen vom Einfluß der im Auge vorhandenen dunklen o. a. Körper, eine vom Rande herein mit dunklen Kreisen unterbrochene helle Scheibe herausstellen, *nach außen* müßten die einzelnen Streifen, namentlich der breiteste erste *blau*, *nach innen roth* zeigen. In der That ist es aber nicht so, indem durch die sphärische Abweichung die Erscheinung umgekehrt wird. Die äußersten, am Rande vorbeigehenden Strahlen werden etwas in die helle Scheibe hinein abgelenkt, der äußere Rand wird durch weiter hereinliegende Strahlen *wr* und *vs* Fig. 16 gebildet. Für die zwischen p_1 und w einfallenden Strahlen ist gleichsam m die Gränze des geometrischen Schattens und somit muß nach der in 3. angegebenen Ableitung in m Blau, in r Roth überwiegen; es fällt also hier Roth nach außen. Ändert sich die sphärische Abweichung nicht bedeutend, so wird beim Nähern des leuchtenden Punktes das Rändchen fast unverändert bleiben. Weiter nach innen können noch mehrere dunkle Ringe auftreten. Wird die Entfernung der Durchschnittpunkte von der Netzhaut sehr groß, so muß der Rand mehr nach außen rücken. Befindet sich der leuchtende Punkt innerhalb des vordern Brennpunktes, so divergiren die Strahlen im Auge; die am Rande der Pupille vorbeigehenden Strahlen fallen wieder nach außen, man muß also wieder ein blaues Rändchen außen erhalten; zwischen beiden Stellungen wird allerdings eine Stelle sich befinden, bei welcher gar keine Färbung wahrzunehmen ist. Die sphärische Abweichung wird, wenn sich der leuchtende Punkt innerhalb des vordern Brennpunktes des Au-

ges befindet, bloß eine etwas veränderte Lage der dunkeln Linien bedingen.

11. Vergleichen wir nun, inwiefern obige Betrachtung durch die Erfahrung gerechtfertigt wird: Ein kleiner, durch reflectirtes Tageslicht gebildeter heller Punkt erscheint deutlich in etwa 6 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung vom Auge. Bei $3\frac{1}{2}$ Zoll erscheint er, wie Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 Fig. 15 und 16 zeigen; die Mitte ist fast ganz dunkel, der Rand licht und außen deutlich roth. Bei weiterem Nähern bis $1\frac{1}{2}$ Zoll, wird mit der Vergrößerung der ganzen Scheibe auch der äußere Rand breiter, die strahlenförmige Gestalt verliert sich, das helle Bild wird erst polygonal, dann rund und die Mitte bleibt nicht dunkel, sondern bedeckt sich mit hellen und dunklen Punkten und Linien; dabei wird die Helligkeit zu schwach, um weitere genaue Angaben zu machen.

Sticht man in eine Tafel Pappe eine kleine Oeffnung und sieht durch dieselbe gegen den blauen Himmel, so tritt bereits bei $4\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll der oben beschriebene Stern mit dunkler Mitte ein; wahrscheinlich weil sich das Auge mehr auf die Ferne accommodirt ¹⁾. Beim allmählichen Nähern wird die Oeffnung mehr polygonal, behält jedoch ihren hellen nach außen rothen Rand, und in der Mitte treten kleine helle Punkte und Linien auf. In etwa 3 Zoll Entfernung vom Auge sieht man etwas mehr zusammenhängend drei helle Linien, eine nach unten, zwei schräg nach oben gerichtet, mit daneben hinlaufenden dunklen Linien, welche den Spalten der vorderen Linsenfläche zu entsprechen scheinen; bei etwa 2 Zoll treten diese Linien nicht mehr deutlich hervor, dagegen bemerkt man außer dem die helle Scheibe umschließenden Rande noch deutlich das mehr nach innen gerückte Polygon (s. Fig. 17 Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233). Etwas näher kann man nur noch helle und dunkle

1) Dafs selbst mein kurzsichtiges Auge Accomodationsfähigkeit besitzt, kann ich auch deutlich dadurch wahrnehmen, dafs in gewisser Stellung derselbe leuchtende Punkt mir deutlich oder als Stern erscheinen kann, je nachdem ich das Auge richte.

Punkte unterscheiden. In unmittelbarer Nähe des Auges erscheint die helle Scheibe wieder als ein von einer grossen Menge dunkler Punkte unterbrochenes Netz heller Linien. Der Umfang ist rund, jedoch deutlich noch ein helleres Rändchen wahrzunehmen, aussen röthlich, doch die Farbe nur schwer noch zu unterscheiden. — Es gehen eine grosse Anzahl kleiner Strahlen nach aussen, welche wahrscheinlich durch die nicht gleichförmig dichte, mehr radiale Structur der Iris verursacht werden ¹⁾.

Ein durch *directes* Sonnenlicht verursachter kleiner heller Punkt (das an einem kleinen Ritz in der Brille reflectirte Licht, oder das von einem innerhalb der deutlichen Schweite gehaltenen Haar reflectirte directe Sonnenlicht) erzeugt bei einer Entfernung von $\frac{3}{4}$ Zoll und mehr vom Auge eine Scheibe, an deren Rande man deutlich ausser dem nach aussen schwach gelben ersten breiten Ringe noch 3 bis 4 nach innen enger stehende dunkle Ringe wahrnehmen kann, die Mitte ist matt und zeigt eine grosse Anzahl dunkler Flecken, an denen Farben nicht zu unterscheiden sind; eine regelmässige Anordnung ist bei denselben nicht zu erkennen.

Stellt man eine feine Oeffnung vor die Glocke der Studirlampe, so zeigt sich die Oeffnung deutlich bei $5\frac{3}{4}$ bis $4\frac{3}{4}$ Zoll Entfernung; bringt man das Auge wenig näher, so entwickelt sich der bereits oben beschriebene Stern Fig. 15 und 16, Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 mit aussen intensiv rother Färbung. Beim Nähern wird die Oeffnung polygonal, die Zacken werden länger, und zeigen aussen intensiv rothe, innen blaue Färbung. Bei etwa 2 Zoll Entfernung zeigt sich, wie auch in dem früheren Aufsätze Pogg. Ann. Bd. XCVII, S. 233 bereits beschrieben, die Scheibe rund, mit einem aussen rothen Rändchen umschlossen, die

1) Auch hier gilt übrigens dasselbe, was in Bezug auf die Grösse des leuchtenden Punktes ausser der deutlichen Schweite angeführt wurde: Je grösser die Oeffnung ist, desto näher muss man kommen, ehe die hellen und dunklen Punkte durch Schmälerwerden der Lichtlinien ein mehr netzartiges Ansehen darbieten.

Zacken sind länger geworden und scheinen innen durch schmale Bogen verbunden; die ganze Scheibe ist mit kleinen Lichtpünktchen besäet. Bei gröfserer Nähe wird die ganze Erscheinung undeutlich; bei etwa 1 Zoll Entfernung vom Auge kann man deutlich nur noch die ziemlich langen Zacken wahrnehmen, welche jetzt durch dunkle Linien gespalten sich darstellen. Noch näher kann man nur noch ein Netz von hellen und dunklen Punkten wahrnehmen.

Eine helle Linie (durch eine Stecknadel reflectirtes Tageslicht) erscheint innerhalb der deutlichen Sehweite rechts und links mit zwei Bändchen versehen, welche sich innen schwach blau, dann deutlich gelb und aufsen roth zeigen; in der Mitte ist eine dunkle Linie; bei gröfserer Nähe wird dieselbe durch eine helle, rechts und links von dunklen Räumen begränzte Linie ersetzt. Bei noch gröfserer Nähe (2 Zoll etwa) kann man deutlich drei feine Lichtlinien innen unterscheiden, welche durch dunklere Zwischenräume getrennt sind ¹). In noch gröfserer Nähe stellen sich eine ziemlich bedeutende Anzahl heller und dunkler Streifen heraus. In der Nähe von 1 Zoll wird das äufsere gelbrothe Bändchen immer mehr gelb und blässer, und bei noch gröfserer Nähe läfst sich gar kein gefärbtes Bändchen mehr unterscheiden. Dafs es bei noch gröfserer Nähe des leuchtenden Punktes aufsen wieder blau auftritt, wie es der obigen Erklärung zufolge seyn mufs, geht aus den in Pogg. Ann. 1855 Heft 12 beschriebenen Erscheinungen hervor, welche durch das an den Wassertheilchen des oberen oder unteren Augenlieds reflectirte Licht hervorgebracht werden. Der äufserste breiteste Streif zeigt noch aufsen deutlich blau.

Der äufsere Rand und die durch einen kleinen, directes Sonnenlicht reflectirenden Punkt verursachten dunklen Ringe lassen sich sofort aus der Beugung ableiten, ebenso die Anfangs dunkle Mitte ²); nicht so die anderen hellen

1) Diese hellen Linien entstehen durch Aneinanderreihen und Ueberdecken der im Bilde eines leuchtenden Punktes bemerkbaren Zacken.

2) Die intensiven Farben, welche Abends wahrgenommen werden, wenn

und dunklen Linien, und müssen wir zur Erklärung derselben, ebenso wie zur vollständigen Erklärung der außerhalb der deutlichen Sehweite stattfindenden Erscheinungen noch dunkle oder durch das Licht ablenkende Linien im Auge annehmen, durch welche weitere Beugungslinien verursacht werden. Dafs es Beugungslinien sind, scheint aus dem Umstande zu folgen, dafs sie sich bei gröfserer Nähe des leuchtenden Punktes, also bei gröfserer Entfernung des Vereinigungspunktes spalten. Ob die Ursache dieser Linien dieselbe sey, die auch die Aenderung bedingt, wenn der leuchtende Punkt aufser der deutlichen Sehweite liegt, lassen wir dahin gestellt seyn. Möglich ist es, da, wie wir eben bereits gezeigt haben, durch die sphärische Abweichung die am Rande der Pupille einfallenden Lichtstrahlen etwas mehr nach der Mitte des Bildes kommen, während die etwas mehr nach innen einfallenden Lichtstrahlen die äufsere Gränze des Bildes bilden, also am Rande der innerhalb der deutlichen Sehweite auftretenden hellen Scheibe, gerade umgekehrt, wie bei dem aufserhalb der deutlichen Sehweite eintretenden Bilde, die mehr nach innen liegenden radialen Strahlen nach aufsen kommen, während die nach aufsen liegenden Bogen jetzt weiter in die helle Scheibe eintreten.

Die Ursache, weshalb man bei kleinen durch Sonnenlicht erzeugten Punkten *mehrere* nach innen enger werdende Ringe unterscheiden kann, während bei den anderen Versuchen nur der äufserste Ring deutlich wahrgenommen wird, mag zum Theil in der Kleinheit des leuchtenden Punktes, zum Theil in der gröfseren Intensität des Lichtes zu suchen

der leuchtende Punkt wenig näher als deutliche Sehweite kommt, vorzugsweise an den kleinen Zacken, welche vom Polygon ausgehen, während die Mitte noch dunkel ist, lassen sich auch Berücksichtigung der sphärischen Abweichung, die hier wahrscheinlich noch ziemlich bedeutend ist, erklären, wenn man berücksichtigt, dafs bei der Kleinheit des Bildes hier noch die ganze Oeffnung von Einfluss ist, und wenn man annimmt, dafs Dunkelheit da wahrgenommen wird, wo Violett in Maximum ist, welches im gelben Licht fast ganz fehlt. Auf Violett muss Blau und dann Roth folgen.

seyn, indem weniger durchsichtige Theilchen bei intensivem Lichte mehr Licht durchlassen.

Bei der durch reflectirtes Sonnenlicht erzeugten hellen Scheibe (s. oben) ist die durch den Rand der Pupille bedingte Beugung auf den mittleren Theil der Scheibe ohne Einfluß, da man sämtliche Ringe am Rande deutlich entwickelt sieht. Zur Erklärung der den mittleren Theil bedeckenden dunklen Punkte und hellen Stellen reicht daher die bloße Berücksichtigung der Beugung am Rande der Pupille und der durch die radialen Linien bedingten Beugung nicht hin, wie es bei dem durch einen außerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punkt erzeugten Liniennetze eher der Fall war; wir müssen daher noch eine weitere Beugung oder Lichtablenkung durch dunkle oder anders brechende Körper annehmen, vielleicht hängt dieselbe mit dem das Licht umgebenden Hofe zusammen.

12. Wenn wir in dem Bisherigen gezeigt haben, daß die in dem Netzhautbildchen eines außerhalb oder innerhalb der deutlichen Sehweite befindlichen leuchtenden Punktes auftretenden farbigen Ringe der Beugung zuzuschreiben sind, so soll damit nicht gesagt seyn, daß das Auge vollkommen achromatisch sey; vielmehr werden diese Erscheinungen durch den Mangel an Achromatismus (auf welcher wir in einer späteren Abhandlung zurückkommen wollen) wesentlich unterstützt; durch den Mangel an Achromatismus allein würden sich jedoch diese farbigen Ringe keineswegs erklären lassen.

IV. Ueber die successiven Entladungen zweier sphärischen Conductoren während der Annäherung; von Beer in Bonn.

Riefs macht in dem ersten Bande seiner Elektricitätslehre §. 228 folgende Bemerkung: »Ich habe schließlic auf einen

Punkt aufmerksam zu machen, über welchen Poisson sich nicht deutlich ausgesprochen hat. Der elektrische Funke tritt nämlich, wie gesagt, bei einer gewissen Entfernung zweier elektrisirten Kugeln ein, welche Elektricität nicht in dem Verhältnisse besitzen, das die Berührung der Kugeln fordert. Aber mit dem Funken wird dießs Verhältniß nicht hergestellt, wie man leicht glauben könnte. Zwischen zwei elektrisirten Kugeln, die in einer gewissen Entfernung Gelegenheit zu einem Funken geben, tritt bei geringerer Entfernung ein zweiter, später ein dritter Funke auf. Es ist kein Grund vorhanden, den Fortgang dieser Erscheinung bei irgend einer Entfernung abzuschneiden; streng genommen werden zwei Kugeln, die Elektricität in dem der Berührung zukommenden Verhältnisse besitzen, dießs Verhältniß erst bei der Berührung und nicht früher zeigen können.

Der Grund des berührten Phänomens und die Richtigkeit der von Riefs gemachten Bemerkung wird aus folgender Auseinandersetzung erhellen.

Es seyen R_1 und R_2 die beiden Kugeln, S ihre Centrainlinie und Q_1 , Q_2 die Quantitäten ihrer Ladungen. Als dann hat man, wenn in beiden Kugeln das Potential 1 herrscht, folgende Beziehungen.

$$Q_1 = \Sigma_1 - \Sigma, \quad Q_2 = \Sigma_2 - \Sigma,$$

wo zu setzen ist:

$$\Sigma_1 = R_1 \left[1 + \frac{P}{U_1^2} + \frac{P^2}{U_1^4 - R_1^2 S^2} + \dots \right]$$

$$\Sigma_2 = R_2 \left[1 + \frac{P}{U_2^2} + \frac{P^2}{U_2^4 - R_2^2 S^2} + \dots \right]$$

$$\Sigma = \frac{P}{S} \left[1 + \frac{P}{D} + \frac{P^2}{D^2 - P^2} + \dots \right]$$

$$U_1^2 = S^2 - R_1^2, \quad U_2^2 = S^2 - R_2^2,$$

$$P = R_1 R_2,$$

$$D = S^2 - R_1^2 - R_2^2.$$

Die Differentiation des Verhältnisses $\frac{Q_2}{Q_1}$ nach der Größe S liefert den Ausdruck:

$$(R_1 - R_2) \frac{P}{Q_1^2},$$

wo F eine Reihe positiver Glieder darstellt, die in Bezug auf R_1 und R_2 symmetrisch gebaut sind.

Nehmen wir an, es sey $R_1 < R_2$, so nimmt also das Verhältniß $\frac{Q_2}{Q_1}$ der Ladungen gleicher Spannung ab, wenn die Kugeln von einander entfernt werden. Den größten Werth hat das Verhältniß bei der Berührung, und die Gränze, der es sich nähert, während die Entfernung der Kugeln ins Unendliche wächst, ist das Verhältniß $\frac{R_2}{R_1}$ der beiden Radien. Es folgt hieraus, daß bei zwei Kugeln, die durch einen dünnen Draht leitend verbunden sind, von der größeren Kugel zur kleineren Elektrizität überströmt, wenn die Kugeln von einander entfernt werden, während bei einer Annäherung Elektrizität von der kleineren Kugel zur größeren überströmt.

Bei verschiedenen Entfernungen zweier Kugeln, deren Radien sich wie 1:3 verhalten, ergeben sich zum Beispiele folgende Werthe für das besprochene Verhältniß.

$S:R_1$	4	4,5	5	6	8	10	∞
$Q_2:Q_1$	7,2	6,3	5,6	4,8	4,2	3,9	3

Wir wollen jetzt das obige Ergebniß auf zwei positiv geladene Kugeln anwenden, die, nachdem ihre Spannungen, ihre Potentiale sich bei einer gewissen Entfernung S durch einen Funken ausgeglichen haben, einander genähert werden. Nach Verminderung der Centrallinie stellen die ursprünglichen Ladungen Q_1 , Q_2 in beiden Kugeln nicht mehr dasselbe Potential her; man kann vielmehr dem Früheren zufolge bei der Annahme, daß $R_1 < R_2$ ist, die Ladung Q_1 in zwei Theile Q'_1 , $+Q$ und die Ladung Q_2 in zwei Theile Q'_2 , $-Q$ zerlegen, so daß die Ladungen Q'_1 , Q'_2 in beiden Kugeln dasselbe positive Potential, die Ladungen $+Q$, $-Q$ aber in der ersten Kugel ein positives, in der zweiten ein negatives Potential erzeugen. Wäre der Isolator, welcher die Kugeln umgiebt, ein vollkommener, so würde bekanntlich bei einer Annäherung der Kugeln in denjenigen Punkten, die einander am nächsten lie-

gen, die Dichtigkeit der Ladungen $+Q$, $-Q$ ins Unendliche wachsen, während ebendasselbst die Dichtigkeit der Ladungen Q'_1 , Q'_2 sich der Null als Gränze nähert. Da aber die Isolation eine Gränze hat, so muß nothwendig, wenn die Kugeln sich bis auf eine gewisse Distanz S' genähert haben, durch Ueberspringen eines Funkens eine Ausgleichung der Spannung eintreten; die Ladungen $+Q$, $-Q$ verschwinden, es bleiben die Ladungen Q'_1 , Q'_2 , die bei der Entfernung S' in beiden Kugeln gleiches Potential erzeugen.

Man sieht nun leicht ein, wie bei weiterer Annäherung die Dichtigkeit in beiden einander zunächst gelegenen Punkten wieder bis zu dem Maximum steigt, dem das isolirende Mittel eben noch das Gleichgewicht zu halten im Stande ist; es tritt ein dritter Funke auf, dem ein vierter, fünfter u. s. f. folgt. Die Intensität der aufeinander folgenden Funken wird immer schwächer und schwächer, da die absoluten Werthe der Ladungen $+Q$, $-Q$, welche sich durch den Funken vernichten, immer kleiner und kleiner werden, um schliesslich bei der Berührung zu verschwinden.

V. Ueber das borsaure Aethyloxyd; von Heinr. Rose.

Der flüchtige Boraether, $3\text{Äe} + \text{B}$, ist von Ebelmen und Bouquet entdeckt, und auf die Weise bereitet worden, daß man Borchloridgas durch wasserfreien Alkohol leitet¹⁾. Es bilden sich zwei Schichten, von denen die obere der erzeugte Aether ist.

Mit geringeren Schwierigkeiten stellt man diesen Aether dar, wenn man schwefelweinsaures Kali mit einem Ueberschuß von wasserfreiem Borax destillirt. Gleiche Atomge-

1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3. Reihe Bd. 17, S. 54.

wichte von beiden Salzen, innig gemengt, wurden bei einer Temperatur von 100° bis 120° C. der Destillation unterworfen. Es destillirte eine farblose, leicht flüssige Flüssigkeit über, von einem stark ätherischen Geruch, welche alle die Eigenschaften besaß, welche die Entdecker vom flüchtigen Boraethyl angegeben haben. Er verbrennt an der Luft mit einer schönen grünen Flamme, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Mit wenig Wasser versetzt, scheidet sich aus ihm Borsäure aus, die durch mehr Wasser sich wieder vollständig auflöst. Bei der Zersetzung mit Wasser entwickelte sich übrigens ein schwacher stechender Geruch, der vielleicht durch etwas schweflichtsaures Aethyloxyd erzeugt war, das sich durch Zersetzung des schwefelweinsäuren Salzes gebildet haben konnte.

Der rohe, nicht gereinigte Aether gab bei der Analyse etwas mehr Borsäure als er der Berechnung nach hätte geben müssen, nämlich 25,44 Proc. Nach der Berechnung sind 24 Proc. darin enthalten. Ebelmen und Bouquet haben nur 22,38 und 22,42 Proc. daraus abgeschrieben, weil die von ihnen angewandte Methode der Bestimmung der Borsäure keine richtige Resultate geben konnte. Sie zersetzten nämlich den Aether durch Ammoniak, dampften die Lösung zur Trockniss ab und glühten den trocknen Rückstand. Hierdurch mußte Borsäure verflüchtigt werden. — Die Bestimmung der Borsäure im Aether geschah auf die Weise, daß eine gewogene Menge desselben, 0,967 Grm., in einem verschlossenen Gefäß mit einer großen Menge von Wasser mehrere Tage hindurch in Berührung gebracht, und das Ganze dann mit einer gewogenen Quantität von kohlensaurem Natron, 2,180 Grm. zersetzt und bis zur Trockniss abgedampft wurde. Die trockne Masse wurde schwach geglüht und gewogen. Sie wog 2,260 Grm. In derselben wurde die Kohlensäure nach bekannten Methoden bestimmt. Sie betrug 0,736 Grm.; die Borsäure im Aether daher 0,246 Grm.

Wenn man bei der Bereitung des Boräthers nicht wasserfreie Materialien anwendet, so erhält man bei der De-

stillation zuerst Wasser und Alkohol, und endlich Boraether, der aber etwas Wasser enthält, und daher mit der Zeit Borsäure absetzt.

Auf die Weise, wie der flüchtige Boräther, kann ein flüchtiges kieselsaures Aethyloxyd nicht dargestellt werden. Ich wandte dazu eine sehr concentrirte stark syropsdicke Lösung von kieselsaurem Natron an. Aber bei keiner Periode der Destillation wurde ein Destillat erhalten, aus welchem Kieselsäure dargestellt werden konnte.

Der Grund dieser Erscheinung ist wohl der, daß wenn das kieselsaure Alkali sein Wasser verliert, es bei sehr dunkler Rothgluth größtentheils im Wasser unlöslich wird. Das Wasser zieht aus dem geglühten Salze Alkali aus, das durch Erhitzen des Salzes ausgeschieden worden ist. Die alkalische Lösung enthält nur wenig Kieselsäure; der größte Theil des Salzes mit Ueberschuß an Kieselsäure bleibt aber ungelöst. — Setzt man aber das entwässerte kieselsaure Natron einer höheren Temperatur, einer stärkeren Rothgluth aus, so schmilzt die wasserfreie Verbindung zu einer klaren durchsichtigen Masse, die sich vollständig und mit Leichtigkeit in Wasser auflöst. In diesem Zustand wurde das Salz aber nicht angewandt.

Ebenso wenig konnten mittelst des schwefelweinsäuren Kalis mit wasserfreien kohlen-sauren, und phosphor-sauren Alkalien Verbindungen des Aethyloxyds mit Kohlen-säure und Phosphorsäure erhalten werden.

Wurde zweifach chromsaures Kali mit einem gleichen Atomgewicht von schwefelweinsäurem Kali der Destillation unterworfen, so wurde sehr bald die Chromsäure in Chromoxyd verwandelt, welches die Masse grün färbte. Der überdestillirte Alkohol enthielt keine Spur von Chromsäure, färbte sich aber mit Kalihydrat erhitzt, gelb, wie eine Lösung von chromsaurem Kali. Das Destillat enthielt Aldehyd, und es bildete sich durch Kali gelbbraunes Aldehydharz.

Etwas Aehnliches fand auch bei der Destillation des schwefelweinsäuren Kalis mit molybdänsäuren Kali statt.

Das Destillat enthielt keine Molybdänsäure, wohl aber Aldehyd, und farbte sich durchs Erhitzen mit Kalihydrat braungelb. — Die Molybdänsäure wurde zu Molybdänoxyd reducirt, welches bei der Behandlung mit Wasser ungelöst zurückbleibt, während aber auch noch unzersetztes molybdänsaures Kali sich darin auflöst.

Ich habe mir viele aber vergebliche Mühe gegeben, um eine Verbindung von Thonerde mit Aethyloxyd hervorzu- bringen. Ein reines Aluminat von Natron, das aus einer Mengung gleicher Atomgewichte von Thonerde und von kohlsaurem Natron vermittelt einer starken Rothgluth erzeugt worden war, das keine Kohlensäure enthielt, und sich vollständig im Wasser löste, mit der sechsfachen Menge von schwefelweinsaurem Kali (3 Atomgewichte desselben gegen 1 Atomgewicht des Aluminats) gemengt, gab bei der Destillation keine Flüssigkeit, welche Thonerde enthielt, sondern nur die Destillations-Producte des schwefelweinsauren Kalis, schweflichte Säure und Weinöl.

Ebenso wenig konnte ich die Verbindung von Thonerde und Aethyloxyd erhalten, als ich Chloraluminium in wasserfreiem Alkohol löste, und die filtrirte Lösung einer Destillation unterwarf. Das Chloraluminium erwärmte sich bei seiner Auflösung sehr stark, fast bis zum Kochpunkte des Wassers. Es destillirte bei 85° C. von der Lösung Alkohol ab, der Chlorwasserstoffsäure enthielt, die durch Silberoxydsalz als Chlorsilber abgeschieden werden konnte; dann fing die Masse an zu schäumen und aufzublähen, und unterlief basisches Chloraluminium.

Ich habe diese Versuche besonders deshalb hier angeführt, um darauf aufmerksam zu machen, daß die Oxyde, welche zwar in vielen Fällen als Säuren gegen starke Basen auftreten können, gegen starke Säuren hingegen entschieden als Basen sich verhalten, sich mit Aethyloxyd nicht zu verbinden scheinen, während sonst Säuren der schwächsten Art mit demselben Verbindungen eingehen.

Man muß überhaupt bei den Säuren zwei Arten derselben bestimmt unterscheiden. Eine große Menge dersel-

ben, auch wenn sie zu den schwächsten gehören, scheinen nie als Base aufzutreten. Zu diesen gehört namentlich die große Reihe von organischen Säuren, und auch die Oxyde der nicht metallischen Elemente, das des Wasserstoffs, das Wasser, ausgenommen. Aber obgleich die drei Säuren, die Kohlensäure, die Borsäure und die Kieselsäure zu den schwächsten Säuren gehören, wenn sie auf nassem Wege wirken, und wie ich durch zahlreiche Beispiele erörtert habe, durch Wasser aus ihren Verbindungen ausgetrieben werden können, so ist mir kein Beispiel bekannt, daß sie als Basen gegen starke Säuren auftreten. In mehreren Verbindungen der Borsäure mit Weinsteinsäure und mit weinsteinsäuren Salzen wird zwar erstere von sehr vielen Chemikern als Base betrachtet; aber viele Versuche, in dieser Hinsicht unternommen, haben mich zu der Ansicht gebracht, daß diese Annahme eine irrthümliche sey, was ich ausführlicher zu erörtern mir vorbehalte.

VI. *Ueber die Krystallform und die Zusammensetzung des Vanadinbleierzses;*
von C. Rammelsberg.

Noch immer ist das Vorkommen des Vanadins ein sehr seltenes, und von der Krystallform einer Vanadinverbindung war bis jetzt nichts zuverlässiges bekannt.

Neuerlich beschrieb Canaval ¹⁾ *Vanadinbleierz*, welches auf Kalkstein bei Windischkappel am Berge Obir in den sogenannten Karawanken oder jenem Gebirgszuge vorkommt, welcher Kärnthen von Krain scheidet. Schon vor 15 Jahren fand ich bei einer Besteigung des genannten 6750 Fufs hohen Berges in beträchtlicher Höhe einen Berg-

1) Jahrbuch des naturhistor. Landesmuseums von Kärnthen. 1854. S. 171.

bau auf Bleiglanz im Gange, welcher nesterweise in dem oft dolomitischen Kalke vorkommt.

Canaval beschreibt das Vanadinbleierz als kleine Krystalle, ähnlich denen von Bleiberg; es sind nach ihm sechsseitige Prismen mit der Endfläche, die Kanten durch ein Dihexaëder abgestumpft, seltener durch Hinzutreten eines zweiten gleicher Ordnung ungleich zugeschrägt. Größere Krystalle sind meist bräunlich, kleinere hellgelb, immer lebhaft glasglänzend, aber die größten sind kaum 3^{mm} lang und 1^{mm} dick; ihr Pulver ist schwach gelblich weifs. Deutliche Spaltbarkeit zeigen sie nicht.

Durch Prüfung vor dem Löthrohr und auf nassem Wege fanden sich Blei, Vanadinsäure und etwas Chlor.

Hr. Canaval hatte die Güte, mir ein Exemplar dieses Erzes zukommen zu lassen. Die Krystalle eigneten sich zu genauen Messungen, welche ihre Isomorphie mit dem phosphorsauren und arseniksauren Bleioxyd-Chlorblei (Pyromorphit, Mimetesit) und dem phosphorsauren Kalk-Fluor-(Chlor)-calcium (Apatit) nachwiesen. Es war nun auszumitteln, ob das Mineral nur Vanadinsäure und nicht auch Phosphor- oder Arseniksäure enthielte, wie denn überhaupt eine Analyse sehr wünschenswerth erschien. Hr. Canaval hat mir auf meinen Wunsch so viel von dem seltenen Mineral geschickt, als er dazu erlangen konnte, und es ist mir auf diese Art gelungen, von einer größeren Masse Kalk so viel der kleinen leicht zerbrechlichen Krystalle abzulösen, als zur Analyse erforderlich war. Diese Quantität betrug freilich kaum 2 Grm. Hierbei fand ich in dem Kalk außerdem ein wenig Bleiglanz, so wie Gelbbleierz in kleinen Krystallen und derben Massen ¹⁾).

Die Krystalle des Vanadinbleierz, welche ich untersuchen konnte, sind regelmässige sechsseitige Prismen *p* mit einer sechsflächigen auf die Prismenflächen aufgesetzten Zu-

1) Dafs in dem Gelbbleierz von Bleiberg in Kärnthen geringe Mengen Vanadinsäure enthalten sind, habe ich schon vor längerer Zeit angedeutet. Erstes Suppl. zu meinem Handwörterbuch des chem. Theils der Mineralogie S. 59.

spitzung durch ein Dihexaëder d . Untergeordnet tritt dazu ein schärferes Dihexaëder gleicher Ordnung d^2 als Abstumpfung der Kanten pd , so wie ein Dihexaëder anderer Ordnung d'_2 , welches die Endkanten von d^2 abstumpft, und in die Zone zweier abwechselnder Endkanten von d fällt.

Es ist wohl am zweckmäßigsten, das herrschende Dihexaëder d zur Grundform zu wählen; d^2 ist das zweifach schärfere, und d'_2 das erste stumpfere von diesem.

$$d = a : a : \infty a : c \quad d'_2 = a : \frac{1}{2}a : a : c$$

$$d^2 = a : a : \infty a : 2c \quad p = a : a : \infty a : \infty c$$

Bezeichnet an einem Dihexaëder

$2A$ den Endkantenwinkel

$2C$ den Seitenkantenwinkel

α die Neigung der Endkante zur Hauptaxe, so ist:

	Berechnet.	Beobachtet.	
d	$2A = 142^\circ 30'$	$142^\circ 30'$	
	$2C = 80 \quad 0$		
	$\alpha = 53 \quad 59$		
d^2	$2A = 129 \quad 8$	129	ungefähr
	$2C = 118 \quad 24$		
	$\alpha = 34 \quad 31$		
d'_2	$2A = 131 \quad 20$		
	$2C = 110 \quad 58$		
	$\alpha = 38 \quad 26$		
$d : d \text{ üb. } c$	$= 100 \quad 0$	$100 \quad 7$	
$d : p$	$=$	$* 130 \quad 0$	
$d : p' ^1)$	$= 108 \quad 45$	$108 \quad 50$	
$d^2 : p$	$= 149 \quad 12$	$148 \quad 45$	
$d : d^2$	$= 160 \quad 48$	$160 \quad 40$	
$d^2 : d'_2$	$= 154 \quad 34$	$154 \quad 50$	
$d'_2 : d$	$= 175 \quad 25$		
$d'_2 : p$	$= 114 \quad 20$		

Hieraus folgt das Axenverhältniß

$$a : c = 1 : 0,72699 = 1,3755 : 1.$$

1) p' = der rechts oder links liegenden Flächen in der Endkantenzone von d .

Die Isomorphie des Vanadinbleierz es mit den schon angeführten Mineralien zeigt sich, wenn man den Endkantenwinkel der bei ihnen vorkommenden Dihexaëder vergleicht:

Vanadinbleierz.

142° 30' R.

Pyromorphit.

Von Mies = 141° 3' G. Rose

Von Bleistadt = 142 15 "

= 142 12 Miller.

Mimetesit.

Von Johann-Georgenstadt = 142° 7' G. Rose.

= 141 48 Miller.

Apatit.

Von Ehrenfriedersdorf = 142° 16' G. Rose.

Vom Gotthardt = 142 19 "

Von Cabo de Gata = 142 20 "

Vom Laacher See = 142 25 "

Man kann also im Durchschnitt annehmen:

Mimetesit = 142° 7'

Pyromorphit = 142 15

Apatit = 142 20

Vanadinbleierz = 142 30.

Das specifische Gewicht des kärnthnerischen Vanadinbleierz es ist

nach Canaval = 6,83

nach meinen Wägungen = 6,886.

Die Analyse wurde in folgender Weise gemacht:

1,694 Grm. des gepulverten Minerals wurden mit Salpetersäure gelinde erwärmt, wobei sie sich leicht auflösten, während eine röthliche Abscheidung von Vanadinsäure erfolgte, die jedoch zuletzt in der Säure wieder verschwand. Die klare gelbe Flüssigkeit gab nach dem Verdünnen auf Zusatz von Silberauflösung einen Niederschlag von Chlorsilber, welcher scharf getrocknet = 0,153 war, entsprechend 0,0378277 Chlor. Nach Abscheidung des Silberüberschusses durch Chlorwasserstoffsäure wurde die Flüssigkeit eingedampft, wobei sie unter Absatz von Chlorblei eine grün-

lich-blaue Farbe annahm. Durch wiederholtes Abdampfen suchte man alle Salpetersäure zu entfernen, fügte Alkohol hinzu, und schied dadurch 1,619 Chlorblei = 1,299215 Bleioxyd ab. Das Filtrat wurde mit Zusatz von Salpetersäure abgeraucht; es blieb ein wie Eisenoxyd aussehender Rückstand, welcher mit reinem Salpeter geschmolzen wurde. Die gelbliche Masse löste sich in Wasser farblos auf; man sättigte die Auflösung mit Salmiak, und liefs sie drei Tage lang mit festen Salmiakstücken in Berührung. Dadurch hatte sich ein weifser Niederschlag von vanadinsaurem Ammoniak gebildet, welcher abfiltrirt und mit Salmiakauflösung gewaschen wurde. Durch Glühen bei Luftzutritt gab er 0,295 dunkelrothe geschmolzene Vanadinsäure.

Aus dem Filtrat vom vanadinsauren Ammoniak schlug eine Talkerdelösung etwas phosphorsaure Ammoniak-Talkerde nieder, die beim Glühen 0,025 pyrophosphorsaure Talkerde = 0,016025 Phosphorsäure gab.

Von der Reinheit der Vanadinsäure suchte ich mich durch ihre Reduction in Wasserstoffgas zu überzeugen. 0,277 hinterliessen dabei 0,225 schwarzes Vanadinsuboxyd, d. h. 81,23 Proc. desselben, während Berzelius im Mittel 82,71 Proc. erhielt.

Aus dem Vanadinbleierz wurden mithin erhalten:

Chlor	2,23
Bleioxyd	76,70
Vanadinsäure	17,41
Phosphorsäure	0,95.

2,23 Chlor verbinden sich mit 6,52 Blei zu Chlorblei; 6,52 Blei sind aber = 7,02 Bleioxyd, so dafs das Mineral enthalten mufs:

Chlor	2,23
Blei	6,52
Bleioxyd	69,68
Vanadinsäure	17,41
Phosphorsäure	0,95
	<hr/> 96,79.

Der in 3,2 Proc. bestehende Verlust ist als Vanadinsäure in Rechnung zu bringen, da ihre directe Bestimmung

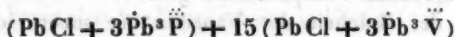
nicht genau ausfallen konnte ¹⁾). Dadurch wird ihre Menge = 20,62 Proc. Nun ist

		Sauerstoff.
Blei	6,52	0,50
Bleioxyd	69,68	4,99
Vanadinsäure	20,62	5,34
Phosphorsäure	0,95	0,53.

Zieht man für das phosphorsaure Bleioxyd $\text{Pb}^3 \text{P}^{\frac{3}{2}}$ 0,53 = 0,32 Sauerstoff von den 4,99 ab, so bleiben 4,67, welche sich zu den 5,34 der Säure = 1 : 1,14 verhalten. Ich glaube, man darf dafür 1 : 1 setzen.

Ferner verhalten sich die Sauerstoffmengen für das Blei und das Oxyd nahe = 1 : 9, wie in den isomorphen Verbindungen, und dies (oder 1 : 10) ist auch das Verhältniß des Sauerstoffes in beiden Säuren.

Das Vanadinbleierz von Windisch-Kappel ist folglich



Berechnet.

5 $\frac{1}{2}$ At. Chlor	=	2364,3	—	2,50
5 $\frac{1}{2}$ „ Blei	=	6904,5	—	7,31
48 „ Bleioxyd	=	66940,8	—	70,87
15 „ Vanadinsäure	=	17353,5	—	18,37
1 „ Phosphorsäure	=	892,0	—	0,95
		<u>94455,1</u>		<u>100.</u>

Oder:

Chlor	2,50
Bleioxyd	78,74
Vanadinsäure	18,37
Phosphorsäure	0,95
	<u>100,56.</u>

1) Ich hatte zuerst versucht, den Rückstand von Vanadinoxid durch Schmelzen mit salpetersaurem Ammoniak sofort in vanadinsaures Ammoniak zu verwandeln, wobei aber in Folge der heftigen Gasentwicklung ein Theil der Substanz mechanisch fortgerissen wurde, und so einen Verlust erzeugte. Es mußte Salpeter hinzugesetzt und das Erhitzen möglichst gelinde fortgesetzt werden.

Das Mineral enthält weder Arseniksäure noch Zink oder Kupfer, höchstens eine Spur Kalkerde, die aber wohl nur von mechanisch anhängenden Gesteinstheilchen herrührt.

Ganz dieselbe Verbindung ist das Vanadinbleierz von Zimapan in Mexiko, in welchem bekanntlich Del Rio schon vor 55 Jahren 80,7 Bleioxyd und 14,8 von der Säure eines neuen Metalls fand, das er *Erythronium* nannte, später aber auf Veranlassung von Collet Descotils für Chrom erklärte. Wöhler hat das Verdienst, dieses Mineral als eine Vanadinverbindung erkannt, Berzelius aber, es analysirt zu haben.

Letzterer erhielt

Chlor 2,56

Bleioxyd 76,54,

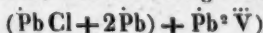
fast ganz dieselben Zahlen, die ich für das kärnthnerische Mineral gefunden habe. Die Vanadinsäure bestimmte er nicht direct; Phosphorsäure fand er nicht, wobei jedoch zu bemerken ist, daß man damals nicht so empfindliche Reagentien für diese Säure benutzen konnte, wie jetzt, wogegen vor dem Löthrohr etwas Arsenik sich ergeben soll. Berzelius's Analyse berechnet sich zu:

		Sauerstoff.
Chlor	2,56	
Blei	7,48	0,58
Bleioxyd	68,48	4,91
Vanadinsäure	21,48	5,57
	100.	

Die Verbindung $\text{PbCl} + 3\text{Pb}^{\text{a}}\text{V}$ erfordert:

		Oder:
1 At. Chlor	= 443,3 — 2,44	2,44
1 " Blei	= 1294,6 — 7,29	} Pb 78,52
9 " Bleioxyd	= 12551,4 — 70,67	
3 " Vanadinsäure	= 3470,7 — 19,60	
	17760,0	100
		100,66.

Berzelius hatte geglaubt, ein basisches Chlorblei darin annehmen zu müssen, und demzufolge die Formel



construirt, welche jedoch nicht 1 sondern 3 At. des Vanadats enthalten müßte, und auch in Betreff der Sättigungsstufe nicht zutrifft, da die Analyse den Sauerstoff von Basis und Säure nicht $= 1:1\frac{1}{2}$ sondern $= 1:1\frac{1}{3} = 3:4$ giebt. Nachdem nun aber die Krystallform bestimmt ist, darf man wohl diese Formel nicht ferner annehmen.

Auch das Vanadinbleierz von Wanlockhead und das angeblich irländische, von Johnston und Thomson untersucht, dürften dieselbe Verbindung seyn, sie sind jedoch sämmtlich nicht deutlich krystallisirt.

Nach dem Angeführten sind also die Salze der Vanadinsäure isomorph mit denen der Phosphorsäure und Arseniksäure, obgleich die Zusammensetzung der Säuren selbst keine analoge ist. Entweder liegt hier wieder ein Fall von Isomorphie bei Körpern vor, welche ungleiche Constitution haben, oder die Vanadinsäure enthält ebenfalls 5 At. Sauerstoff, eine Annahme, zu der man indeß nach dem, was Berzelius für die Sauerstoffmultipeln der Oxyde des Vanadins gefunden hat, durchaus nicht berechtigt ist.

Die Atomvolume der isomorphen Glieder der ganzen Gruppe ergeben sich folgendermaßen:

	Atomgew.	Spec. Gew.	Atomvol.
Vanadinbleierz	17760,0	6,886	2579
Mimetesit	18609,3	7,208 ¹⁾	2582
Pyromorphit	16965,0	7,054 ²⁾	2405
Apatit A. Chlor-A.	6535,3	3,195 ³⁾	2045
B. Fluor-A.	6327,3		
			1980.

Diese Atomvolume verhalten sich $= 100:100:93:79:77$, sie stimmen also bei den Bleiverbindungen ziemlich überein.

1) M. von Johann-Georgenstadt. G. Rose.

2) P. von Zschopau. G. Rose.

3) Mittel aus sechs Beobachtungen G. Rose's.

VIII Ueber die Identität des Leucophans und Melinophans; von C. Rammelsberg.

Esmark fand ¹⁾ im norwegischen Zirkonsyenit ein neues Mineral von *weißer* Farbe, den *Leucophan*, von welchem A. Erdmann nachwies ²⁾, daß es eine Verbindung von einem Beryllerde-Kalk-Silicat mit Fluornatrium ist, eine neue und ungewöhnliche Zusammensetzung. Aus dem nämlichen Gestein, freilich von einer anderen Lokalität, stammt ein *gelbes* Mineral, welches anfangs für Wöhlerit gehalten, von Scheerer neuerlich ³⁾ auf Grund einer Analyse von Richter als *Melinophan* bezeichnet wurde. Scheerer hat die Aehnlichkeit beider Mineralien durch eine Zusammenstellung ihrer Charaktere anschaulich gemacht, wobei nur die Angaben über die Spaltbarkeit nicht stimmen. Er hat zugleich die Vermuthung ausgesprochen, daß beide analog zusammengesetzt seyn möchten, daß die Beryllerde des Leucophans durch Thonerde im Melinophan ersetzt, und eine geringere Menge Fluornatrium in letzterem vorhanden wäre.

Durch vergleichende Analysen beider Mineralien bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, daß sie wenigstens, was ihre Zusammensetzung anlangt, identisch sind. Für den Leucophan erhielt ich genau dasselbe Resultat wie A. Erdmann. Vom Melinophan aber hat Richter entweder eine unrichtige Analyse gemacht, oder nicht reines Material benutzt, denn die Mengen der Beryllerde, des Natrons und Fluors sind viel zu niedrig, die des Kalks aber ist zu hoch angegeben.

Es enthält nämlich der

- 1) Tamnau in diesen Ann. Bd. 48, S. 504.
- 2) Berzelius Jahresbericht B. 21, S. 168.
- 3) Journ. f. pract. Chem. Bd. 55, S. 449.

	Leucophan nach A. Erdmann.	Melinophan nach R. Richter.
Kieselsäure	47,82	44,8
Beryllerde	11,51	2,2
Thonerde	—	12,4
Eisenoxyd	—	1,1
Manganoxydul	1,01	1,4
Kalkerde	25,00	31,5
Natron	10,20	3,5
Kali	0,31	—
Fluor	6,17	2,3
	102,02	Talkerde 0,2
Oxyde von Nb, Zr, Ce, Y		0,3
		99,7.

Ich verdanke beide Mineralien Hrn. Saemann in Paris.
Das specifische Gewicht ist:

Leucophan = 2,974 A. Erdmann
= 2,964 Rammelsberg
Melinophan = 3,00 Richter
= 3,018 Rammelsberg.

Eine Analyse wurde mit kohlensaurem Natron gemacht. In dem wässerigen Auszuge der geschmolzenen Masse wurde, nachdem derselbe mit Salmiak längere Zeit digerirt worden, um Kieselsäure und Beryllerde abzuscheiden, das Fluor nach H. Rose¹⁾ bestimmt. Der Rest wurde dann durch Chlorwasserstoffsäure zerlegt, und Beryllerde und Thonerde durch Kochen mit Salmiak und Ammoniak getrennt, worauf jede der beiden Erden nochmals durch kohlensaures Ammoniak auf ihre Reinheit geprüft wurde.

Eine zweite Analyse wurde mit Fluorwasserstoffsäure gemacht.

Das Mittel dieser Versuche war:

1) Handbuch Bd. 2, S. 552.

	Leucophan.	Melinophan.
Kieselsäure	47,03	43,66
Beryllerde	10,70	11,74
Thonerde	1,03	1,57
Eisen- u. Manganoxyd	Spuren	
Kalkerde	23,37	26,74
Talkerde	0,17	0,11
Natron	11,26	8,55
Kali	0,30	1,40
Fluor	6,57	5,73
Wasser	—	0,30
	100,43	99,80.

Der Sauerstoffgehalt der Oxyde ist:

	Leucophan.		Melinophan.	
	1. Erdmann.	2. R.	3. R.	
Si	24,84	24,42	22,67	
Be	7,30	6,78	7,44	8,17
Al	—	0,48	0,73	
Mn	0,23	—	—	
Ca	7,02	6,64	7,60	10,07
Mg	—	0,07	0,04	
Na	2,61	2,89	2,19	
K	0,05	0,05	0,24	

Nimmt man an, das Fluor sey mit Natrium verbunden, so sind in

$$1. \quad 6,17 \text{ Fluor} = 7,59 \text{ Na} = 10,21 \text{ Na} = 2,62 \text{ O}$$

$$2. \quad 6,57 \quad " \quad = 8,09 \quad " \quad = 10,88 \quad " \quad = 2,79 \quad "$$

$$3. \quad 5,73 \quad " \quad = 7,04 \quad " \quad = 9,47 \quad " \quad = 2,43 \quad "$$

Offenbar reicht also das Natron (Kali) für das Fluor gerade hin. In dem Doppelsilicat ist nun der Sauerstoff von

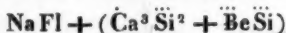
	Ca (Mg, Mn):	Be (Al)	Si	
1.	= 7,25	: 7,30	: 24,84	= 3 : 3 : 10,6
2.	= 6,71	: 7,26	: 24,42	= 2,8 : 3 : 10,0
3.	= 7,64	: 8,17	: 22,67	= 2,8 : 3 : 8,3.

Im Silicat des Leucophans ist demnach etwas mehr, in dem des Melinophans etwas weniger Säure gefunden, als dem einfachen Verhältnifs $3:3:9=1:1:3$ entspricht.

Danach ist es eine Verbindung von 1 At. Kalkbisilicat und 1 At. Beryllerdesingulosilicat, und da die Atome von Natrium und Calcium sich in

1.	= 1:2,8
2.	= 1:2,5
3.	= 1:3,0

also ziemlich $= 1:3$ verhalten, so ist 1 At. Fluorür mit 1 At. Doppelsilicat verbunden,



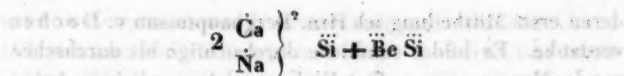
3 At. Kieselsäure	— 1733,4	— 45,78
1 „ Beryllerde	— 473,0	— 12,50
3 „ Kalkerde	— 1054,8	— 27,85
1 „ Natrium	— 289,7	— 7,65 = Na 10,29
1 „ Fluor	— 235,4	— 6,22
	<u>3786,5</u>	<u>100.</u>

Für den Leucophan hatte schon Awdejew obige Formel vorgeschlagen, die Beryllerde jedoch als ein Monoxyd darin aufgenommen.

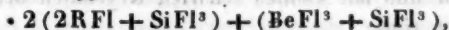
Wollte man die Constitution dieser Mineralien sich so vorstellen, dafs das Fluor gleich dem Sauerstoff mit sämtlichen Radicalen in Verbindung wäre, so ist der Sauerstoff

	von K : R	: Si
in 1	= 4 : 3	: 10,2
„ 2	= 4 : 3	: 10
„ 3	= 4 : 3,2	: 9

oder nahe $= 4:3:9$. Dann wäre das Ganze eine isomorphe Mischung von



mit einem Doppelfluorür



und zwar in dem Verhältniß von 4 Atomen des ersteren und 1 Atom des letzteren.

Diese Ansicht von der Constitution der Verbindung würde den Leucophan und Melinophan in eine Kategorie mit den fluorhaltigen Silicaten von Monoxyden (Apophyllit und Chondrodit), von Sesquioxyden (Topas) und von beiden (Glimmer) bringen.

Eine genaue Prüfung der Structurverhältnisse beider wird wahrscheinlich auch in diesem Punkte keine wesentliche Verschiedenheit ergeben. Dann aber wären die Namen Leucophan und Melinophan besser mit einem gemeinsamen zu vertauschen.

VIII. Ueber den Tachhydrit, ein neues Mineral aus dem Steinsalzlager von Staffsurth; von C. Rammelsberg.

Das Steinsalzlager bei Staffsurth verspricht der Fundort neuer und interessanter Mineralien zu werden. Bereits kennt man von dort den *Staffsurthit* (derben Boracit Karsten's) und den *Carnallit* oder das Kalium-Magnesiumchlorid, $(\text{KCl} + 2\text{MgCl}) + 12\text{aq}$, von Marcet aus der Mutterlauge des Seesalzes, von Liebig aus der Soole von Salzhausen erhalten, und nach meinen Beobachtungen sechsgliedrig krystallisirend¹⁾.

Ich kann ein neues Doppelsalz von dort hinzufügen, eine Verbindung von *Chlorcalcium* und *Chlormagnesium*,

1) Handb. der kryst. Chemie S. 204.

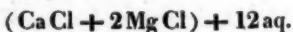
deren erste Mittheilung ich Hrn. Berghauptmann v. Dechen verdanke. Es bildet rundliche durchsichtige bis durchscheinende Massen, von gelber Farbe, welche im dichten Anhydrit liegen und mit kleinen scharfen Krystallen desselben verwachsen sind.

Es ist wenigstens nach zwei Richtungen deutlich spaltbar, und zeichnet sich durch seine grofse Zerfliefslichkeit an der Luft aus, worauf sein Name hindeuten soll.

Drei Bestimmungen ergaben:

	1.	2.	3.
Kalkerde	10,66	10,20	
Talkerde	15,91	15,76	
Kali	Spur		
Chlor			40,34
Oder im Mittel			
Calcium	7,46		
Magnesium	9,51		
Chlor	40,34		
Also Wasser	42,69		
	100.		

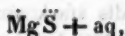
Die Atome von Calcium, Magnesium und Wasser verhalten sich = 1 : 2 : 12. Der Tachhydrit ist folglich eine Verbindung von 1 At. Chlorkalium, 2 At. Chlormagnesium und 12 At. Wasser,



	Berechnet.	
1 At. Calcium	— 251,6 —	7,79
2 „ Magnesium	— 300,0 —	9,29
3 „ Chlor	— 1329,9 —	41,16
12 „ Wasser	— 1350,0 —	41,76
	3231,5	100.

Zu Stafs furth kommen überdiess weisse feinkörnige Gemenge von schwefelsaurer Talkerde und Chlornatrium vor; schon Karsten bezeichnete ein solches mit 90 Proc. Chlornatrium, und ohne Wasser als *Martinsit*. Eine neuerlich vorgekommene Substanz dieser Art hat bei einer in meinem La-

boratorio veranstalteten Untersuchung gegeben: 2,46 Chlor, 1,69 Natrium, 55,70 Schwefelsäure, 25,84 Talkerde, und 14,93 (15,06) Wasser. Das hier mit 4 Proc. Chlornatrium gemengte Sulfat, welches die Hauptmasse des Ganzen bildet, ist demnach kein gewöhnliches Bittersalz, sondern ein Hydrat mit wenig mehr als 1 At. Wasser,



	Gefunden.	Berechnet.
Schwefelsäure	57,7	58,00
Talkerde	26,8	28,96
Wasser	15,5	13,04
	100.	100.

IX. *Ueber das Verhalten des Chloroforms zu anderen Körpern, namentlich zum Ammoniak bei höherer Temperatur; von W. Heintz.*

Ogleich die Reihe von Versuchen, welche ich in dem vorigen Jahre mit Chloroform angestellt habe, zum grofsen Theil negative Resultate ergeben hat, so halte ich es doch für nicht ganz unnütz, sie in dem Folgenden zu beschreiben.

Mit der Absicht, das Formyl (C^2H) darzustellen, versuchte ich durch Natrium das Chlor des Chloroforms zu binden. Es ist bekannt, dafs wenn man Kalium im Chloroformdampf erhitzt, es sich unter Explosion entzündet. Der Versuch war deshalb sehr mislich. Um mich vor jeder Gefahr bei demselben zu schützen, verfuhr ich wie folgt.

Durch ein am einen Ende in ein Capillarrohr ausgezogenes, starkes, horizontal liegendes Glasrohr wurde trocknes Wasserstoffgas geleitet, das sorgfältig gereinigte Natrium von dem anderen offenen Ende her in dasselbe ein-

geschoben und letzteres mit einem ziemlich festen Baumwollpfropf verschlossen. Darauf wurde das Rohr am anderen Ende zugeschmolzt, wobei Sorge getragen wurde, hier seine Wände möglichst zu verdicken und endlich zwischen dem Natrium und dem Baumwollpfropf in ein langes Capillarrohr ausgezogen, dessen Wände dicht an dem stärkeren Theil des Rohrs ebenfalls stark verdickt wurden. Durch das unter einem spitzen Winkel umgebogene Capillarrohr liefs ich nun nach der bekannten Methode Chloroform eintreten, durch Kochen des Chloroforms wurde der Wasserstoff aus dem Rohre getrieben und letzteres nun zugeschmolzt. Dieses Rohr schob ich in ein durch Kegelschloß und mehrfache Verschraubungen hermetisch verschließbares Messingrohr und tauchte dies so verschlossen in ein Metallbad.

Die Temperatur des letzteren steigerte ich allmählich von 120° auf 150° C., 180° C., ja selbst endlich über 200° bis 205° C., ohne dafs eine Einwirkung des Natriums auf das Chloroform selbst nach mehreren Stunden merklich geworden wäre. Die Temperatur noch höher zu steigern, wagte ich nicht, weil ich dann eine Explosion befürchten mußte. Jedenfalls durfte ich nicht hoffen, wenn auch wider Erwarten bei noch höherer Temperatur eine langsame Zersetzung eintreten sollte, das Formyl unzersetzt abzuscheiden.

Um zu versuchen, ob sich nicht, ungeachtet keine Bildung von Chornatrium bemerkt werden konnte, doch etwas Gas gebildet habe, öffnete ich das Rohr unter einer verdünnten Schwefelkaliumlösung, eine damit gefüllte Glasglocke bereit haltend, um das entströmende Gas aufzufangen. Allein es wurde die Flüssigkeit in das Rohr eingesogen, wodurch eine Wasserstoffentwicklung begann, das Natrium sich entzündete und dadurch das Rohr zersprengte. Es folgt hieraus, dafs das Chloroform selbst bei 200° bis 205° C. durch Natrium nicht zersetzt wird.

Wie andere Metalle auf Chloroform bei höherer Temperatur einwirken, darüber behalte ich mir vor in einer späteren Abhandlung zu berichten.

Ein anderer Versuch gab ebenfalls ein negatives Resultat. Ich versuchte nämlich wasserfreie Ameisensäure zu erzeugen durch Einwirkung von ameisensaurem Bleioxyd auf Chloroform. Beide Körper wurden in wasserfreiem Zustande in ein Rohr eingeschmolzt und in dem erwähnten Messingrohr eingeschlossen im Metallbade erhitzt. Als die Temperatur mehrere Stunden auf 130° bis 140° C. erhalten worden war, fand sich, daß sich keine Spur Chlorblei gebildet, also keine Zersetzung stattgefunden hatte. Nach der Erhitzung auf 165° bis 170° C. fand sich allerdings eine geringe Spur Chlorblei im Rohr, dessen fester Inhalt sich grau gefärbt hatte. Als ich nun ein drittes Rohr 7 Stunden lang auf 175° bis 180° C. erhitzt hatte, hatte sich auch nur eine geringe Menge Chlorblei gebildet, während der Inhalt des Rohrs merklich grau gefärbt war. Beim Oeffnen des Rohrs entwich eine nur geringe Menge Gas.

Da die Chlorbleibildung stets nur äußerst gering war, so vermuthete ich, daß das gebildete Gas nur durch die Zersetzung des ameisensauren Bleioxyds entstanden seyn möchte. Ich schloß daher dieses Salz für sich in ein mit Kohlensäure gefülltes Glasrohr ein und erhitzte es mehrere Stunden bei etwa 190° C. Beim Oeffnen des Rohrs drang ein Gas hervor, das zu $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ aus Kohlensäure bestand, und nach der Absorption dieses Gases ein, nach Häringslake riechendes, wie Wasserstoff brennendes Gas zurückliefs. Der feste Rückstand im Rohr gab an kochendes Wasser viel ameisensaures Bleioxyd ab und der graue nicht lösliche Rückstand erhielt durch Reiben im Agatmörser vollkommen metallischen Glanz. Es hatte sich metallisches Blei gebildet.

Um die Natur des gebildeten Gases zu ermitteln, wurde der Versuch wiederholt, wobei dieselben Erscheinungen beobachtet wurden.

Das Gas wurde der eudiometrischen Analyse unterworfen.

Kohlensäurebestimmung.

Reducirt auf
trocknes Gas
von 0° C. bei
0,760 Bar.st.

	Cubikcent.	° C. M. Barometerst.	
Volum d. Gases	105,6	bei 6,6 u. 0,7473 trocken	101,37 CC.
Nach Absorption der Kohlensäure	25,9	" 5,4 " 0,7502 "	25,07 "

Verbrennungsanalyse des kohlensäurefreien Gases.

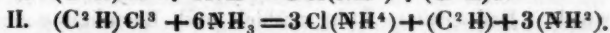
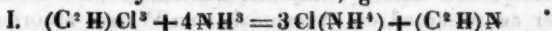
	Cubikcent.	° C. M. Barometerst.	
Volum d. Gases	18,67	bei 0,6 u. 0,7563 trocken	18,54 "
Vol. d. rückstän- digen Gases	0,30	" 0,4 " 0,7589 "	0,30 "
Sauerstoff	36,01	" -0,8 " 0,7547 feucht	35,66 "
Nach d. Verpuf- fung	28,16	" +1,7 " 0,7405 "	27,08 "
Nach Absorption der Kohlensäure	27,87	" 2,7 " 0,7373 trocken	26,77 "

Die Verbrennungsanalyse lehrt, dafs das von Kohlen-
säure befreite Gas fast reines Wasserstoffgas war. Denn
zur Verbrennung von 18,24 CC. des wohl von atmosphä-
rischer Luft nicht absolut freien Gases wurden 8,89 CC.
Sauerstoff verbraucht, während nur 0,31 Kohlensäure ge-
bildet waren.

Aus diesen Versuchen folgt, dafs das Chloroform bei
einer Temperatur, bei der das ameisensaure Bleioxyd noch
nicht zersetzt wird, nicht auf dieses einwirkt und dafs
durch Erhitzen des ameisensauren Bleioxydes für sich bis
etwa 200° C. eine allmähliche Zersetzung desselben in
Kohlensäure, Wasserstoff und metallisches Blei eingeleitet
wird nach der Formel: $C^2H O^3 + PbO = 2CO^2 + H + Pb$.
Hiernach müfste das Volumverhältnifs dieser beiden Gase
 $= 2:1$ seyn, während es bei der Analyse nahe $= 3:1$
gefunden wurde. Dieser Ueberschufs an Kohlensäure ist
indessen leicht dadurch zu erklären, dafs das Versuchs-
rohr eben mit jenem Gase gefüllt war, bevor die Erhitzung
des ameisensauren Bleioxyds begann.

Wenn Ammoniak auf Chloroform einwirkt, so kann,

wenn überhaupt eine Zersetzung beider ohne Zersetzung des Formyls möglich ist, da dieselbe unter vollständiger Ueberführung sämtlichen Chlors in Chlorammonium geschieht, neben Chlorammonium entweder Formylstickstoff, oder ein Formyltriamid entstehen, gemäß den Formeln



Erstere Formel ist einfacher und auch schon deshalb wahrscheinlicher, weil der Formylstickstoff sich leicht in Blausäure umsetzen kann, denn $(\text{C}^2\text{H})\text{N}$ ist $= (\text{C}^2\text{N})\text{H}$.

Bei gewöhnlicher Temperatur wirken beide Stoffe bekanntlich nicht aufeinander ein. Ich mußte daher versuchen, sie bei höherer Temperatur mit einander in Berührung zu bringen. Diefs hat aber Schwierigkeiten, welche durch die Gasform des Ammoniaks bedingt sind. Entweder konnte ich beide Körper als Gase gemischt durch ein erhitztes Rohr treiben, oder das Ammoniak im Wasser oder Alkohol aufgelöst mit Chloroform in zugeschmolzenen Röhren erhitzen. Ich wählte zuerst die erstere Methode, weil ich fürchtete, das Lösungsmittel des Ammoniaks möchte den chemischen Proceß compliciren.

Der Versuch wurde auf folgende Weise angestellt. Aus einer in einem Kölbchen befindlichen Mischung von trockenem Kalk und ebenfalls trockenem gepulverten Chlorammonium wurde langsam Ammoniakgas entwickelt. Das Gas trat zuerst durch ein mit geschmolzenem Kalihydrat gefülltes Rohr, und dann in ein Gläschen, in welchem sich Chloroform befand, so ein, daß es durch das Chloroform zu strömen genöthigt war. Von hier trat es in ein etwa $\frac{5}{8}$ Zoll weites, zweimal rechtwinklich gebogenes Rohr von dünnem Glase, welches in ein Metallbad aus Rose'schem Metall getaucht war. Die aus diesem abströmenden Gase wurden endlich in eine mit Wasser gefüllte Flasche geleitet, in welcher die Condensation derselben erfolgte.

Da es darauf ankam, stets das Ammoniak überschüssig zu lassen, so erhitze ich bei allen Versuchen das Chloroform entweder gar nicht oder doch nur sehr schwach,

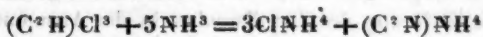
namentlich niemals bis zum Kochen. Ich fand jedoch, daß bei den Temperaturen, welche ich mit Leichtigkeit im Metallbad erreichen konnte, keine Zersetzung eintrat. Selbst bei 200° C. übersteigenden Temperaturen sammelte sich das Chloroform unverändert in der Wasser enthaltenden Flasche wieder an, während das Ammoniak vom Wasser absorbiert wurde. Das erhitzte Rohr enthielt nach Beendigung des Versuchs keine Spur Salmiak.

Deshalb wählte ich an Stelle des Metallbades zur Erhitzung der Mischung die gewöhnliche zur organischen Analyse dienende Spiritusverbrennungslampe. Ueber dieser wurde das das Gemisch von Ammoniak und Chloroform führende Rohr aufgehängt, aber nur schwach erhitzt, nämlich nicht bis zu der Temperatur, bei welcher es im Dunkeln theilweise glühend erschienen wäre. Die Temperatur kam aber der des dunklen Rothglühens nahe. Bei dieser Temperatur geschieht eine Zersetzung. Es setzt sich eine feste krystallisirte Substanz, Salmiak, an den Wänden des Rohrs, doch natürlich nur da an, wo es kalt genug ist. Wenn man die Temperatur so weit steigert, daß die Zersetzung ziemlich vollständig ist, so setzte sich in dem erhitzten Theil des Rohrs eine braune, endlich fast schwarze Substanz (wahrscheinlich Paracyan), freilich nur in geringer Menge an, die eine weitere Zersetzung der gebildeten Producte vermuthen läßt. Bleibt die Temperatur hinreichend niedrig, so bleibt das Rohr vollkommen farblos, aber freilich geht auch eine große Menge Chloroform unzer setzt durch das Rohr und sammelt sich in dem Wasser wieder an.

Die Flüssigkeit in der mit Wasser gefüllten Flasche besteht daher nach beendigtem Versuch aus zwei farblosen Schichten, einer oberen, aus einer wässerigen Lösung von Ammoniak bestehenden und einer unteren, dem Chloroform. Dieses besaß in der That alle Eigenschaften des unveränderten reinen Chloroforms. In der wässerigen Lösung vermuthete ich zunächst Cyanammonium. Um dies nachzuweisen, neutralisirte ich sie fast ganz mit Chlorwas-

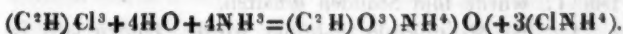
serstoffsäure und destillirte etwa die Hälfte der Flüssigkeit ab. Mit den Wasserdämpfen mußte nothwendig das Cyanammonium mit übergehen. Als zu einem Theil dieser schwach ammoniakalischen Flüssigkeit etwas Eisenoxydul-lösung und dann Salzsäure hinzugesetzt wurde, fiel ein blauer Niederschlag zu Boden, der in der That die Bildung von Blausäure bei obigem Proceß nachweist. Ameisensaures Ammoniak enthielt dieses Destillat natürlich nicht, da diese Substanz Sauerstoff enthält und daher nur aus Sauerstoff haltigen Stoffen entstehen kann. In der That wirkte eine Probe der genau neutralisirten Flüssigkeit selbst im Kochen nicht auf Quecksilberchlorid fäallend.

Andere Stoffe als Chlorammonium und Cyanammonium konnte ich in den Zersetzungsproducten nicht finden. Der chemische Proceß, der hier stattfindet, kann daher in der That durch die Formel



ausgedrückt werden.

Wie schon oben erwähnt, kann der Proceß ein anderer werden, wenn man, anstatt Chloroform und Ammoniak für sich aufeinander wirken zu lassen, letzteres in alkoholischer oder wässriger Lösung anwendet. Im letzteren Falle durfte man erwarten, ameisensaures Ammoniak zu erhalten. Grade weil Ammoniak sich schwer mit Chloroform zersetzt, war es wahrscheinlich, daß das Wasser leichter zersetzt werden würde und dann muß Ameisensäure entstehen nach der Formel



Der Versuch hat diese Vermuthung vollkommen bestätigt. In ein Rohr von starkem Glase wurde nach der von Frankland ¹⁾ ausführlich beschriebenen Methode Chloroform mit etwa dem vierfachen Volum einer gesättigten wässrigen Ammoniakflüssigkeit eingeschmelzt.

Einige Schwierigkeiten machte es, die gesättigte Ammoniakflüssigkeit in das an einem Ende zugeschmelzte Rohr

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 71, S. 173. *

durch das am andern Ende befindliche Capillarrohr eintreten zu lassen, weil sich aus derselben bei niederem Druck leicht Ammoniakgas entwickelt. Ich verfuhr zu dem Ende in folgender Weise.

Nachdem ich nach der gewöhnlichen Methode eine kleine Quantität Wasser in das Rohr hatte eintreten lassen, wurde in ein Reagirglas Quecksilber, Chloroform und die concentrirte Ammoniakflüssigkeit gegossen, welche bekanntlich in dieser Reihenfolge über einander stehen bleiben. Darauf wurde durch Kochen des Wassers in dem Rohre alle Luft aus demselben ausgetrieben. Nachdem daraus fast alles Wasser durch Kochen entfernt war, wurde, während demselben noch Dampf entströmte, das offene Ende des Capillarrohrs in das Chloroform getaucht. Nachdem davon beim allmählichen Abkühlen eine genügende Menge in das Rohr eingesogen war, wurde dieses etwas gehoben, so daß die Oeffnung des Capillarrohrs in die Ammoniakflüssigkeit tauchte. Nach geschehener Aufsaugung einer genügenden Quantität auch dieser Flüssigkeit tauchte ich endlich das Capillarrohr in das Quecksilber ein, und liefs dies etwas in die Höhe steigen, worauf das Rohr, das vollkommen luftleer war, sofort zugeschmolzt werden konnte.

Dieses Glasrohr schloß ich in das schon oben erwähnte durch Kegelschloß und mehrfache Verschraubungen luftdicht verschließbare Messingrohr ein, welches dann in ein Metallbad gelegt wurde, dessen Temperatur allmählich auf 180° C. gesteigert wurde. Die Temperatur von 170° bis 180° C. wurde fünf Stunden erhalten.

Als das Messingrohr geöffnet wurde, fanden sich im Glasrohr weiße Krystalle, die wie Salmiak erschienen. Der Inhalt roch noch nach Ammoniak und enthielt ebenfalls noch unverändertes Chloroform, so daß also die Zersetzung noch nicht vollendet war. In wenig warmen Wassers gelöst, bildete derselbe eine farblose Flüssigkeit, aus der das Chloroform sich leicht aussonderte. Die wässrige Flüssigkeit wurde vom Chloroform getrennt und zunächst auf einen Gehalt an Cyanammonium untersucht. Allein auf Zusatz zuerst einer

Eisenoxydoxydullösung und dann von Salzsäure wurde eine Probe derselben nicht blau gefällt. Dagegen reducirte sie, nachdem sie äußerst schwach sauer gemacht war, Quecksilberchlorid zuerst zu Quecksilberchlorür, dann in der Kochhitze zu metallischem Quecksilber. Ich schloß daher auf die Gegenwart der Ameisensäure. Um deren Anwesenheit noch entschiedener darzuthun, destillirte ich von dem Rest der Flüssigkeit, der noch nicht neutralisirt worden war, drei Viertel ab, neutralisirte das Destillat, das nun ameisensaures Ammoniak enthalten mußte, wenn Ameisensäure zugegen war, bis zur äußerst schwach sauren Reaction, nachdem ich eine Probe desselben nochmals mit Eisenoxydoxydullösung und Salzsäure, ohne eine Reaction auf Cyanverbindungen zu erhalten, geprüft hatte, und fügte nun zu einer Probe Quecksilberchlorid hinzu. Der Erfolg war derselbe. Zuerst fiel Quecksilberchlorür nieder, das namentlich durch Erhitzen in metallisches Quecksilber verwandelt wurde. Eine andere mit Salpetersäure neutralisirte Probe des Destillats wurde mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt und erwärmt, wobei metallisches Silber abgeschieden wurde. Hieraus geht hervor, daß bei der Einwirkung wässrigen Ammoniaks auf Chloroform bei 170° bis 180° C. in der That ameisensaures Ammoniak entsteht.

Die bei der Destillation in der Retorte rückständige Flüssigkeit enthielt nur Salmiak. Als die Flüssigkeit im Wasserbade verdampft wurde, blieb dieser zurück. Er löste sich in Wasser und Alkohol leicht und selbst in absolutem Alkohol auf, wurde aber durch Aether aus dieser Lösung fast vollständig gefällt. Das gelöst Gebliebene war nur sehr unbedeutend und entwickelte nach Verdunstung des Alkohols und Aethers auf Zusatz von Kalihydrat den reinen Geruch nach Ammoniak.

Complicirter ist die Zersetzung, die das Chloroform unter dem Einfluß von in Alkohol gelöstem Ammoniak erleidet. Die Resultate der meisten von mir damit angestellten Versuche sind zwar übereinstimmend, allein die grade bei dem ersten erhaltenen weichen von allen übrigen we-

sentlich ab. Doch wird man sehen, daß sie auf einander zurückführbar sind.

Bei dem ersten Versuche wurde ein Rohr, welches wie das zu dem vorigen Versuche dienende vorbereitet war, nur daß an Stelle der concentrirten wässrigen eine concentrirte alkoholische Lösung von Ammoniak eingebracht war, wie so eben beschrieben, fünf Stunden lang bis 170° C. erhitzt. Die Flüssigkeit war bräunlich-gelb, und in derselben hatten sich Krystalle gebildet. Auf Zusatz von Wasser schied sich braun gefärbtes Chloroform ab, während die darüber stehende wässrige Lösung, welche noch reich an Ammoniak war, hellgelb gefärbt erschien. In dieser konnte weder Cyanammonium durch Eisenoxydylösung und Salzsäure noch ameisenanres Ammoniak durch Quecksilberchlorid nachgewiesen werden. Nach Verdunsten dieser Flüssigkeit blieb eine geringe Menge geruchloses Salz zurück, das mit Kalihydrat versetzt, ammoniakalischen Geruch entwickelte, der aber nicht rein war, sondern an die Alkoholbasen erinnerte.

Beim Verdunsten des braun gefärbten Chloroforms blieb ein äußerst geringer fester Rückstand von brauner Farbe, der sich im Wasser nicht auflöste, wohl aber in Chlorkwasserstoffsäure. Die braune Lösung hinterließ beim Verdunsten in gelinder Wärme einen braunen, nur in Wasser löslichen Rückstand, dessen Lösung durch Kali braun gefällt wurde. Die salzsaure Verbindung löste sich in einer Mischung von absolutem Alkohol und Aether bis auf einen sehr geringen Rückstand von brauner Farbe auf. Eine weitere Untersuchung dieser Substanz war wegen ihrer zu geringen Menge unmöglich.

Da bei diesem ersten Versuche, der genügend war, um die Eigenthümlichkeit der Zersetzung darzuthun, dieselbe noch sehr unvollkommen gewesen war, so ward er in derselben Weise nur mit dem Unterschiede wiederholt, daß die Temperatur des Metallbades bis auf 175° bis 180° C. gesteigert wurde. Diese Temperatur wurde fünf Stunden erhalten. Nur gegen das Ende erhöhte sie sich bis 185° C.

Das Resultat der Einwirkung war eine braune Flüssigkeit, in der sich Krystalle in großer Menge befanden. Beim Oeffnen des Rohrs zeigte sich ein eigener unangenehmer alkalischer Geruch, der auch blieb, als die Masse mit Wasser vermischte wurde, wodurch die Krystalle sich lösten, ohne daß doch eine klare Lösung entstanden wäre, und ohne daß sich wesentliche Mengen Chloroform abschieden. Durch Neutralisation mit Salzsäure verschwand jedoch jener Geruch. Allein auch dadurch wurde keine vollkommene Auflösung erzielt. Die Flüssigkeit klärte sich zwar, allein große, braune, hautähnliche Fetzen blieben unangegriffen, die selbst in ziemlich starker Salzsäure sich nicht lösten, auch in Kalihydratlösung und in Alkohol nicht löslich waren, äußerst schwierig aber endlich doch vollkommen ohne zu schmelzen oder Geruch zu verbreiten, verbrannten und mit einer Mischung von Kali- und Kalkhydrat erhitzt, Ammoniak entwickelten. Nach diesen Versuchen war die Quantität dieses braunen Körpers verbraucht. Er bestand ohne Zweifel aus Paracyan, welches eine vorhergegangene Bildung von Cyanammonium vermuthen läßt.

Die braune Lösung, aus der die oben erwähnte braune Substanz durch Filtration abgeschieden worden war, wurde zunächst auf Cyanammonium und Ameisensäure untersucht. Ersteres war entschieden nicht vorhanden, letztere nachzuweisen gelang ebenfalls nicht. Um aber ihre Abwesenheit mit Bestimmtheit behaupten zu können, unterwarf ich die mit Ammoniak genau neutralisirte Flüssigkeit der Destillation, und versetzte das Destillat mit Quecksilberchloridlösung. Dadurch entstand sogleich ein weißer Niederschlag. Als ich die Flüssigkeit aber nun erhitze, verminderte sich dieser Niederschlag, statt daß er sich hätte vermehren und endlich grau färben sollen. Endlich löste er sich auf und beim Erkalten der klaren Lösung schied sich wieder ein in weißen, feinen, büschelförmig vereinigten Nadeln krystallisirter Körper aus. Die geringe Menge der erhaltenen Substanz erlaubte damit nur wenige Versuche anzustellen. Sie wurde sorgfältig ausgewaschen, in kochendem Wasser

gelöst, wobei dieses einen eigenen brenzlichen Geruch ausstieß, und das Quecksilber durch Schwefelwasserstoffgas entfernt. Nachdem das überschüssige Schwefelstoffgas an einem warmen Orte verdunstet war, brachte Silberlösung in einer Probe einen weissen, selbst nicht durch Salpetersäure und Kochhitze verschwindenden Niederschlag hervor. Die Substanz war also chlorhaltig. Beim Verdunsten des Restes der vom Quecksilber befreiten Flüssigkeit blieb ein Rückstand, der in Alkohol gelöst und mit Platinchlorid versetzt, einen gelben Niederschlag gab, der jedoch zu unbedeutend zur weiteren Untersuchung war. Er deutet auf die Gegenwart von Ammoniak oder überhaupt einer flüchtigen Basis hin. Ein Versuch, ähnliche Krystalle dadurch zu erhalten, dass ich zu einer größeren Quantität Wasser eine Spur Ammoniak oder Aethylamin und dann Quecksilberchloridlösung hinzusetzte, die Mischung kochte, wobei sie sich allerdings vollkommen klärte, und erkalten liess, gelang zwar nicht, denn entweder schied sich ein vollkommen amorpher Körper aus, oder wenn er krystallinisch war, so schien er unter dem Mikroskope aus kleinen würfelförmigen, oder rechtwinklig prismatischen Krystallen zu bestehen. Bei den späteren Versuchen gelang es mir nicht, jene nadelförmigen Krystalle wieder zu erzeugen. Aus den oben angegebenen Versuchen geht aber mit Sicherheit hervor, dass sie eine dem Quecksilberchloridamidid ähnliche Verbindung waren.

Die Masse, welche bei der oben erwähnten Destillation rückständig blieb, wurde vollkommen zur Trockne gebracht und mit einer Mischung von absolutem Alkohol und Aether übergossen. Hierbei blieb ein bräunlich gefärbtes Salz ungelöst, das nicht ganz klar im Wasser löslich war und mit Kalilösung versetzt, reinen Ammoniakgeruch entwickelte, daher wohl hauptsächlich aus Salmiak und vielleicht etwas Paracyan bestand. Die Lösung in Aether und Alkohol wurde verdunstet, wobei noch Chlorammonium heraus krystallisierte, gleichzeitig aber eine formlose, braune Masse zurückblieb. Der trockene Rückstand wurde nochmals in

einem Gemisch von absolutem Alkohol und Aether gelöst, einer Temperatur von 0° C. lange Zeit ausgesetzt, dann von dem noch ausgeschiedenen Salmiak abfiltrirt und endlich mit Platinchloridlösung gefällt. Der erhaltene, nicht ganz geringe Niederschlag war gelb, amorph. Er wurde filtrirt, mit Aether-Alkohol gewaschen, getrocknet, und der Analyse unterworfen. Seine Menge genügte jedoch nur zu einer einzigen Analyse, auch konnte er nicht von Ammoniumplatinchlorid ganz frei seyn.

0,4447 Grm. desselben wurden in einem im Platinschiffchen befindlichen Glasrohr (um das Verstäuben zu vermeiden) bei 110° bis 120° C. getrocknet und im Sauerstoffstrom mit Hülfe eines Gemischs von Kupferoxyd und wenig Bleioxyd verbrannt. Ich erhielt 0,0649 Grm. Kohlensäure, 0,0859 Grm. Wasser und im Schiffchen blieben 0,1878 Grm. Platin.

Hieraus berechnet sich folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	3,98
Wasserstoff	2,15
Stickstoff	51,64
Chlor	
Platin	42,23
	100.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß weder Cyanammonium, noch ameisensaures Ammoniak bei der Einwirkung von in absolutem Alkohol gelöstem Ammoniak auf Chloroform entstanden war, daß sich dagegen ein brauner stickstoffhaltiger in allen Reagentien unlöslicher Körper (Paracyan?) und eine mit Platinchlorid eine in Aether-Alkohol nicht lösliche Verbindung bildende, kohlenstoffhaltige basische Substanz bildet, jedoch nur in so geringer Menge, daß ihre Natur nicht näher ausgemittelt werden konnte.

Bei den folgenden Versuchen waren die Resultate der Zersetzung ganz andere, obgleich die Art der Versuche ganz dieselbe blieb, nur daß die Temperatur einige Male selbst

bis auf 190° C. stieg. Die erhaltene Flüssigkeit war nur gelblich. In derselben befanden sich nicht sehr stark gefärbte Salmiakkrystalle. Obgleich die Einwirkung der hohen Temperatur von 180 bis 190° C. fünf bis sechs Stunden gedauert hatte, so schied sich doch durch Wasser aus der Flüssigkeit Chloroform ab und die wässrige oben aufschwimmende Flüssigkeit enthielt noch viel freies Ammoniak. Wurde diese mit Eisenvitriollösung geschüttelt, bis der Niederschlag schwarz geworden war und dann mit Salzsäure sauer gemacht, so entstand bei drei verschiedenen Versuchen ein grüner oder blauer Niederschlag, zum Beweise, daß sich Cyanammonium gebildet hatte. Versetzte man dieselbe nach genauer Neutralisation mit Quecksilberchloridlösung, so trübte sie sich in der Kochhitze, es schied sich Quecksilberchlorür ab. Allein die Trübung war nur äußerst gering. Ameisensaures Ammoniumoxyd hatte sich also ebenfalls gebildet.

Um zu versuchen, ob sich auch in diesen Fällen eine kohlehaltige flüchtige Basis gebildet habe, destillierte ich bei zwei Versuchen die erhaltene Flüssigkeit mit Kalkzusatz und fing die überdestillierende ammoniakalische Flüssigkeit in Salzsäure auf. Die erhaltene salzsaure Lösung wurde bei niedriger Temperatur zur Trockne gebracht und dann mit absolutem Alkohol, endlich mit Aether vermischt. Nach 24 Stunden wurde filtrirt und das Filtrat mit Platinchloridlösung versetzt. Der mit Aether-Alkohol ausgewaschene, sorgfältig getrocknete Niederschlag wurde, wie oben angegeben, analysirt.

Bei zwei verschiedenen Versuchen gewonnenes Platinsalz führte zu folgenden Zahlen:

I. $0,5122$ Grm. desselben lieferten $0,2252$ Grm. Platin, $0,0098$ Grm. Kohlensäure und $0,0889$ Grm. Wasser.

II. $0,3762$ Grm. gaben $0,1652$ Grm. Platin, $0,0065$ Grm. Kohlensäure und $0,0655$ Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.
Kohlenstoff	0,52	0,47
Wasserstoff	1,93	1,94
Stickstoff	} 53,58	53,68
Chlor		
Platin	43,97	43,91
	<u>100.</u>	<u>100.</u>

Es hatte sich daher allerdings etwas einer Kohle enthaltenden flüchtigen Basis gebildet, indessen weit weniger als bei dem ersten Versuche, der mit Paracyanbildung begleitet war.

Um endlich zu ermitteln, ob die Anwesenheit des Chloroforms zur Bildung dieser flüchtigen Basis wesentlich sey, erhitzte ich eine Lösung von Ammoniak in absolutem Alkohol in oben angegebener Weise 6 Stunden bis 190° C. Die erhaltene ebenfalls bräunlich-gelbe Flüssigkeit wurde der Destillation unterworfen (wobei fast nichts rückständig blieb) und das Destillat in Salzsäure aufgefangen. Die erhaltene Lösung in Salzsäure wurde abgedampft, der trockne Rückstand mit Aether-Alkohol behandelt und die filtrirte Lösung durch Platinchlorid gefällt. Der gewaschene und getrocknete Niederschlag gab bei der Analyse folgende Zahlen:

0,5443 Grm. lieferten 0,008 Grm. Kohlensäure, 0,096 Grm. Wasser und 0,2391 Grm. Platin.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	0,40
Wasserstoff	1,96
Stickstoff	} 53,71
Chlor	
Platin	43,93
	<u>100.</u>

Man sieht hieraus, daß bei Abwesenheit von Chloroform dieselbe Menge einer kohlehaltigen Basis entstanden war, wie bei Gegenwart desselben, so daß man annehmen darf, daß jene Basis allein durch die Einwirkung des Alkohols auf Ammoniak gebildet worden sey. Offenbar muß

man dann annehmen, daß sich bei diesen Processen Aethylamin gebildet habe.

Das zuerst analysirte Salz würde als eine Mischung von etwa 2 Atomen Aethylammoniumplatinchlorid mit 3 Atomen Ammoniumplatinchlorid zu betrachten seyn, die zuletzt analysirten Körper als Mischungen von etwa einem Atom des ersteren und 19 Atomen des letzteren.

Jene Mischung fordert folgende Zusammensetzung:

	Berechnet.	Gefunden.	
Kohlenstoff	4,10	3,98	8 C
Wasserstoff	2,39	2,15	28 H
Stickstoff	5,98	51,64	5 N
Chlor	45,43		15 Cl
Platin	42,10	42,23	5 Pt
	100.	100.	

Diese dagegen folgende:

	Berechnet.	Gefunden.		
		I.	II.	III.
Kohlenstoff	0,53	0,52	0,47	0,40
Wasserstoff	1,87	1,93	1,94	1,96
Stickstoff	6,25	53,58	53,68	53,71
Chlor	47,42			
Platin	43,93	43,97	43,91	43,93
	100	100	100	100.

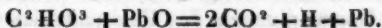
Wodurch die Differenz der Resultate der zuerst mit alkoholischer Ammoniakflüssigkeit ausgeführten Versuche und der zuletzt erwähnten bedingt war, kann ich nicht angeben. Dort hatte sich das gebildete Cyanammonium unter Paracyanbildung wieder zersetzt, hier nicht. Es bleibt zweifelhaft, was hier die Umsetzung desselben in Paracyan verhindert hat.

Die Resultate, welche sich aus den angestellten Versuchen ergeben, sind in Kürze folgende:

1) Natrium kann im zugeschmolzenen Rohr mit Chloroform bis 200° C. erhitzt werden, ohne darauf zersetzend einzuwirken.

2) Ameisensaures Bleioxyd wirkt auf Chloroform bei einer Temperatur, bei der es bei Abwesenheit des letzteren noch nicht zersetzt wird, nicht ein.

3) Bei einer Temperatur von 190° C. zerlegt sich das ameisensaure Bleioxyd bei Sauerstoffabschlufs langsam in Blei, Kohlensäure und Wasserstoff nach der Formel



4) Unter dem Einflufs von trockenem Ammoniakgas zerlegt sich der Dampf des Chloroforms erst bei einer Temperatur, die der Rothglühhitze nahe liegt. Es entsteht Chlorammonium und Cyanammonium. Wird aber die Temperatur zu hoch gesteigert, so setzt sich eine braune Substanz im Rohr ab, die ohne Zweifel Paracyan ist, das sich aus dem Cyanammonium bildet.

5) Wird die wässrige Lösung des Ammoniaks mit Chloroform längere Zeit bis gegen 180° C. erhitzt, so bildet sich kein Cyanammonium, sondern nur ameisensaures Ammoniumoxyd neben Chlorammonium.

6) Setzt man die Lösung des Ammoniaks in absolutem Alkohol, mit Chloroform gemischt, längere Zeit einer Temperatur von 180 bis 190° C. aus, so kann sich neben viel Cyanammonium auch etwas ameisensaures Ammoniumoxyd bilden. Zuweilen ist aber weder das eine noch das andere zu entdecken. Dann hat sich eine gröfsere Menge einer braunen Substanz gebildet, die Kohlenstoff und Stickstoff in grofser Menge enthält und ohne Zweifel im Wesentlichen aus Paracyan besteht.

7) Ausserdem entsteht hiebei eine gröfsere oder kleinere Menge von Aethylamin, deren Bildung jedoch allein durch die Gegenwart des Alkohols und Ammoniaks bedingt ist und gänzlich unabhängig von der des Chloroforms.

X. Ueber den pseudomorphen Glimmer von Lomnitz; von Gerhard vom Rath.

Von den Umwandlungen des Feldspaths ist wohl keine mehr geeignet die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, als diejenige in Glimmer. Denn da in den alten eruptiven Gebirgsarten Glimmer der fast niemals fehlende Begleiter des Feldspaths ist, so könnte jene Thatsache, daß der Glimmer zuweilen erweislicher Maassen aus Feldspath hervorgegangen ist, weitreichende Vermuthungen über die Entstehung jener Gebirgsarten anregen.

Haidinger, welchem wir die Kenntniß so vieler interessanter pseudomorphischen Processe verdanken, erkannte zuerst unter Feldspath-Krystallen von St. Agnes in Cornwall solche, »in welchen sich als Ausfüllungsmasse ein feinkörnig zusammengesetzter, dem grünlich-grauen Lepidolith ähnlicher Glimmer zeigte.« Blum entdeckte denselben Umwandlungsproceß an Feldspath-Krystallen von Warmsteinach im Fichtelgebirge.

Die schönsten und überzeugendsten Pseudomorphosen von Glimmer nach Feldspath fand indess Hr. Brücke aus Berlin im Granit des Riesengebirges zwischen Lomnitz und Hirschberg. G. Rose beschrieb darauf diese merkwürdigen Bildungen, welche sich auf einem jener zahlreichen Gänge von grobkörnigem Granit fanden, welche den normalen Riesengebirgs-Granit durchsetzen und ihrer großen Feldspath-Krystalle wegen ausgebeutet werden. Von diesen veränderten Feldspath-Krystallen theilte mir Hr. Brücke bereitwilligst zum Zweck einer Untersuchung mit, welche die chemischen Vorgänge bei dieser Umwandlung aufhellen sollte.

Das äußere Ansehen der Stücke, welche mir zur Untersuchung dienten, ließen nicht den mindesten Zweifel darüber bestehen, daß hier wirklich ein Umwandlungs-Pro-

cefs vorlag. Die mehrere Zoll grofsen Krystalle, gewöhnlich Zwillinge nach dem Bavenoer Gesetze (eine Diagonal-Fläche gemeinsam), waren mit einer mehr oder weniger dicken Rinde eines feinschuppigen, hellgrünen Glimmers bedeckt. Der Beweis, dafs hier wirklich eine allmählich fortschreitende Umwandlung vor Augen liegt, wird geliefert durch die Art und Weise, wie die Glimmerdecke in den Feldspathkern übergeht; ferner dadurch, dafs bei einzelnen Krystallen der Feldspath verschwunden ist und sie durch und durch nur Glimmer enthalten. Auf den Spaltungsflächen der veränderten Krystalle kann man die Begränzungs-Verhältnisse zwischen dem unveränderten Feldspath, welcher den Kern, und dem Glimmer, welcher die äufsere Hülle bildet, vortrefflich untersuchen. Betrachtet man durch die Lupe eine solche Spaltungsfläche, so erkennt man in der Masse des scheinbar ganz frischen und unveränderten Feldspaths doch schon eine grofse Zahl ganz kleiner, silberglänzender Punkte. Unter allen Krystallen, welche ich besafs, konnte ich keinen finden, der jene silberweissen Punkte nicht zeigte. Geht man von dem Kerne eines solchen Krystalls weiter gegen den Rand, so verändert sich die fleischrothe Farbe in ein schmutziges Grünlichweifs. Man erkennt hier noch keinen deutlichen Glimmer. Die Masse gehorcht hier nicht dem Spaltungsgesetze des innern frischen Kerns. Der glatte glänzende Feldspathbruch wird ganz rauh und uneben, wenn er in diese Zone übergeht. Die Masse ist körnig und zerreiblich und läfst durch die Lupe eine zahllose Menge jener silberglänzenden Punkte erkennen. Diese Zone dringt nicht immer vollkommen parallel mit der äufseren Begränzungsfläche des Krystalls in das Innere ein. Theils erkennbaren Sprüngen und Spalten des Krystalls folgend, theils durch dem Auge nicht sichtbare Auflockerungen der Masse begünstigt, sieht man jene veränderte Zone bald mehr, bald weniger tief in das Innere eindringen. Oft umschliesst die veränderte Zone eine vollkommen frische Feldspathpartie, oft hängt eine verwiterte Stelle im Innern des frischen Krystalls nur durch

einen schmalen verwitterten Streifen mit der äusseren Zone zusammen.

So wenig bestimmt die Gränze zwischen der unversehrten Feldspath-Masse und der verwitterten Zone ist, ebenso wenig ist dieses der Fall zwischen diesen letzteren und der die Oberfläche des Krystalls bildenden Glimmerdecke. In die weiche, zerreibliche Masse mengen sich zuerst deutlich erkennbare, doch nur wenige Zehntheile einer Linie grosse Glimmerblättchen. Mehr nach aussen zu werden sie grösser und zahlreicher, bis endlich ein Haufwerk nach allen Richtungen hin liegender, oft über eine Linie grosser Glimmerblättchen die letzte Zone des Krystalls gänzlich erfüllt. Die Glimmerzone des Krystalls läßt weder unveränderte, noch verwitterte Feldspathmasse erkennen, doch findet man nicht selten kleine Quarzkörnchen zwischen die Glimmerblättchen gelagert. Auch die verwitterte Zone enthält freien Quarz. Man erkennt dies alsbald, wenn man die weiche Masse in der Chalcedonschale zerreibt. Während die Hauptmasse sogleich zerfällt, bleiben einige durch ihre grosse Härte sogleich erkennbare Quarztheilchen zurück.

Den geschilderten Uebergang von dem unverwitterten Feldspathkern durch die verwitterte Zone in die Glimmerdecke zeigen in der Regel jene veränderten Krystalle. Seltener und als Ausnahme fehlt indess auch jene mittlere verwitterte Zone, und eine Decke von schönem Glimmer liegt unmittelbar auf dem unveränderten Feldspathkern. Doch auch in diesem Falle zeigt dieser letztere jene silberweissen Schuppen. Ich untersuchte nun von einem und demselben Krystall die drei Zonen. Der fleischrothe, frische Feldspath zeigte glänzende Spaltungsflächen. Beim Glühen verlor er seine Farbe, wurde porcellanweiss, behielt indess seinen blättrigen Bruch. Sein specifisches Gewicht ist 2,544. Im Kolben erhitzt, liefert er nur Spuren von Wasser. Die Zahlen unter *a* und *a'* wurden durch Aufschliessung von 1,6445 und 1,549 Grm. Substanz erhalten. Zu *b* wurden 2,5045 Grm. durch Fluorwasserstoffsäure zersetzt, deren

Dämpfe in das in Wasser angerührte feine Pulver hineingeleitet wurden, *c* ist das Mittel aus jenen Analysen.

	I.				Sauerstoffmengen.	
	<i>a</i>	<i>a'</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		
Kieselsäure	66,80	66,52	—	66,66	—	34,66
Thonerde	18,78		19,01	18,86	8,83	} 8,97
Eisenoxyd	0,49		0,44	0,46	0,14	
Kalkerde	0,32		0,40	0,36	0,10	} 2,85
Magnesia	0,18		0,24	0,21	0,08	
Kali	—		11,12	11,12	1,90	
Natron	—		3,01	3,01	0,77	
Glühverlust	0,50			0,50		
				101,18		

Die Sauerstoffmengen von $\text{R}:\text{R}:\text{Si}$ verhalten sich = 0,99 : 3,10 : 12. Derselbe fleischfarbene Feldspath von Lomnitz wurde vor langer Zeit schon ein Mal von Valentin Rose untersucht. Er fand folgende Zusammensetzung: Kieselsäure 66,75, Thonerde 17,50, Eisenoxyd 1,75, Kalkerde 1,25, Kali 12,00 = 98,25. Es ist zu bemerken, daß Val. Rose sicherlich nicht auf Natron den Feldspath untersucht hat. Der Natron-Gehalt unseres Feldspaths ist bedeutender, als man ihn für den granitischen Feldspath bisher anzunehmen pflegt. Es ist das Verhältniß der Alkalien, wie wir es mehr in dem glasigen Feldspath zu finden gewohnt sind.

Die Substanz der verwitterten Feldspathzone gab im Kolben Wasser. Es war unmöglich, sie ganz rein von allen eingemengten kleinen Glimmerschüppchen zu erhalten. Demselben kann indeß kein wesentlicher Einfluß auf das Resultat zugeschrieben werden. Das spezifische Gewicht ist 2,646, schon etwas zu hoch für einen Feldspath. Die Analysen mit kohlensaurem Natron *a* (1,307 Grm.) und mit Fluorwasserstoffsäure *b* (2,229) ausgeführt, ergaben folgende Resultate:

	II.				Sauerstoff- mengen.
	a.	b.	c.	d.	
Quarz		3,23	3,23		
Kieselsäure	66,64	—	63,41	65,48	34,00
Thonerde	19,12	20,28	19,70	20,34	9,51
Eisenoxyd	1,37	1,12	1,24	1,32	0,19
Kalkerde	0,61	0,45	0,53	0,54	0,15
Magnesia	0,38	0,21	0,29	0,30	0,12
Kali	—	8,92	8,92	9,21	1,56
Natron	—	2,02	2,02	2,08	0,53
Glühverlust	1,30	—	1,30	1,34	
			100,64	100,61	

d enthält die Zahlen der Analyse c, nachdem die 3,23 Proc. Quarz abgezogen, und die übrigen Werthe von Neuem berechnet waren. Es verhalten sich die Sauerstoffmengen $\text{R}:\text{R}:\text{Si} = 0,83:3,42:12$. Als ich die vorstehende Analyse mit kohlensaurem Natron ausgeführt hatte, war ich nicht wenig überrascht, in einem so sehr verwitterten Mineral genau die gleiche Menge Kieselsäure zu finden, wie in dem noch unverwitterten fleischrothen Feldspath. Die abgeschiedene Kieselsäure war vollkommen rein und löste sich in kochender Lösung von kohlensaurem Natron vollständig auf. Die Analyse mit Fluorwasserstoffsäure klärte diesen sonderbaren Umstand auf. Als ich nämlich über den Fluorverbindungen Schwefelsäure abgedampft hatte, löste sich der Rückstand nicht einmal in kochender Salzsäure ganz auf. Es blieben jene 3,23 Proc. der angewandten Menge eines weissen körnigen Pulvers zurück, welches durch die grofse Härte sogleich als Quarz erkannt wurde.

Der Glimmer bildete eine etwa liniendicke Schicht über dem zersetzten Feldspath. Sie bestand aus einem Gewebe nach allen Richtungen hin liegender, eine Linie grofser Glimmerschüppchen. Zwischen denselben fanden sich nicht selten Stecknadelknopf-grofse Quarzkörner, wovon indess der zur Analyse verwandte Glimmer vollständig gereinigt wurde. Er war vollkommen durchsichtig grünlich und wog 2,867. Fluor war in demselben nicht zu entdecken.

Im Kolben gab er Spuren von Wasser. Beim Glühen wird das Mineral braun, behält indeß seine Durchsichtigkeit bei. Die Analyse *a* wurde mit kohlensaurem Natron, *b* mit Fluorwasserstoffsäure ausgeführt:

	III.				
	<i>a.</i>	<i>a'.</i>	<i>b.</i>	<i>c.</i>	Sauerstoffmengen.
Kieselsäure	48,84	49,24	—	49,04	25,46
Thonerde	—	—	29,01	29,01	9,78
Eisenoxyd	5,47	—	5,66	5,56	1,67
Kalkerde	0,23	—	0,11	0,17	0,05
Magnesia	0,76	—	0,75	0,75	0,29
Kali	—	—	11,19	11,19	1,90
Natron	—	—	0,50	0,50	0,13
Wasser	—	—	—	1,16	—
Glühverlust	1,16	4,65	4,64	3,49	—
				100,87.	

Das Sauerstoffverhältniß von $R : R' : Si = 1 : 4,83 : 10,74$. Dieser Glimmer hat eine von den gewöhnlichen Kali-Glimmern außerordentlich abweichende Zusammensetzung. Unter allen bisher untersuchten sind nur zwei ihm ähnlich: ein von Rammelsberg untersuchter silberweißer Glimmer von unbekanntem Fundorte, und der von mir analysirte Glimmer, welcher zu Arendal pseudomorph nach Skapolith vorkommt.

Worin der Glühverlust von 3,49 Proc. besteht, vermag ich nicht anzugeben. Ich vermurthe indeß, daß er theils von organischen Stoffen, theils von Wasser herrührt, welches erst bei einer Temperatur fortgeht, welche man bei der Wasserbestimmung nicht anwenden kann. Eine zweite Wasserbestimmung ergab sogar nur 0,89 Proc. Bei jenem ersten Versuche, der den Wassergehalt 1,16 Proc. ergab, hatte ich das Mineral anhaltend bei 100° getrocknet. Die getrocknete Substanz verlor zwischen 100 und 150° Nichts an ihrem Gewichte. Sie wurde nun in den Kolben zur Wasserbestimmung gebracht, und 10 Minuten lang so stark erhitzt, bis das Glas zu erweichen begann; dabei verlor

sie 1,16 Proc. Wasser. Die braun gewordenen Glimmerschüppchen wurden darauf in einem Platintiegel einer so starken Hitze ausgesetzt, wie sie nur eine Berzelius'sche Lampe hervorbringen kann, es verflüchtigten sich während $\frac{1}{4}$ Stunde 2,72. Die so gegläute Masse gab indess, von Neuem dem stärksten Gasgebläse ausgesetzt, nochmals 0,76 Proc. flüchtige Theile. Der Gesamtverlust an flüchtigen Stoffen ergibt sich daraus = 4,64 Proc.

Wir wollen nun versuchen, die Stoffe zu ermitteln und ihre Menge, welche theils eintreten, theils austreten mußten, damit sich der Feldspath durch den Verwitterungszustand hindurch in den Glimmer umwandeln konnte. Schwieriger wird es seyn, diese Umänderung durch chemische Gesetze zu erklären.

Es muß überraschen, daß das specifische Gewicht des Feldspaths, wenn er sich in das Verwitterungs-Product umwandelt, von 2,544 auf 2,646 steigt, während doch die chemische Zusammensetzung sich nicht so sehr bedeutend verändert. Folgende zwei Thatsachen scheinen jene Gewichtserhöhung zu bewirken: der Eintritt von Eisenoxyd und die Ausscheidung jener 3,23 Proc. Kieselsäure, welche nicht mehr in der Mischung des Minerals, sondern als Quarz ausgeschieden sich finden. Der Kieselsäure muß offenbar, wenn sie in der Mischung eines Minerals sich befindet, ein geringeres specifisches Gewicht zukommen, als dasjenige des Quarzes (2,65). So wiegt ja der Oligoklas mit etwa 63 Proc. Kieselsäure 2,63 bis 2,65 (Kersten), während ein Albit mit 68 Proc. Kieselsäure und übrigens ähnlicher chemischer Beschaffenheit nur 2,59 wiegt. Die mehr eintretende Kieselsäure drückt also das Gewicht unter dasjenige des Quarzes hinunter. Denken wir uns aus dem Albit einen Theil der Kieselsäure abgeschieden, aber dem Mineral beigemischt, so würde ohne Zweifel das Gewicht des Gemenges höher ausfallen als 2,59. Ganz dasselbe haben wir nun bei unserem Feldspath.

Es spielen in der Natur eine große Rolle die Quarz-Ausscheidungen und Neubildungen. Diese letzteren finden

wir: in den Organismen der lebendigen und der todtten, in den Formen anderer Mineralien (als Pseudomorphose), in der dem Quarz eigenthümlichen Form, endlich als amorphe Massen. Der verwiterte Feldspath legt vor Augen, woher die ausgeschiedene Kieselsäure stammt. Der Rest der ursprünglichen Bildung und die Neubildung sind hier zufälliger Weise an demselben Orte geblieben. Wäre mehr Lösungs-Mittel vorhanden gewesen, so wäre ohne Zweifel die Kieselsäure nicht schon hier zur Abscheidung gekommen, sondern zu einer jener genannten neuen Bildungen fortgeführt worden.

Wie wurde bei der Verwitterung des Feldspaths eine Quarzausscheidung bewirkt? Auf dieselbe Weise, wie wir künstlich Silicate zersetzen; nur dafs bei den Vorgängen in der Natur statt der Chlorwasserstoffsäure gewöhnlich nur Kohlensäure wirkt. Die meteorischen Wässer mit ihrem Gehalte an atmosphärischer Kohlensäure sinken in jenen Gängen grobkörnigen Granits nieder. Die Kohlensäure ergreift die Alkalien, führt sie als Carbonate fort, während die Kieselsäure aus der Mischung austritt. Für die Umänderung der Kieselsäure aus der löslichen Modification (in welcher sie ohne Zweifel ausgeschieden wurde) in die unlösliche (wie wir sie finden) bietet die arsenige Säure ein Analogon dar. Sie geht aus dem löslichen glasartigen Zustand ganz von selbst in den schwerlöslichen krystallinischen Zustand über.

Ueber das Hinzutreten und die Wegführung der basischen Bestandtheile des Feldspaths bei der Verwitterung können wir nur dann ein Urtheil gewinnen, wenn wir die Zahlen der Reihe *d* der Analyse II. direct vergleichbar machen mit den Resultaten der Analyse I. Hierzu bietet uns die Thonerde ein erwünschtes Mittel. Die Annahme, dafs die Thonerde in ihrer absoluten Menge unverändert geblieben, ist wahrscheinlich genug, dafs wir auf sie unsere weitere Betrachtung stützen können. Die Thonerde ist unter den gewöhnlichen Bestandtheilen der Mineralien derjenige, welcher seinen Ort am wenigsten verändert. Indem

wir die 20,34 Proc. Thonerde der Analyse II, d reduciren auf 18,86 (Anal. I) und nach demselben Maafse alle übrigen Bestandtheile, erhalten wir eine Uebersicht über die wahre Zu- oder Abnahme der Stoffe und die Gröfse derselben. Folgendes ist die reducirte Zusammensetzung des verwitterten Feldspaths.

		Fortgeführt.	Zugeführt.
Kieselsäure	60,71	5,95	—
Thonerde	18,86	—	—
Eisenoxyd	1,22	—	0,76
Kalkerde	0,50	?	?
Magnesia	0,28	?	?
Kali	8,54	2,58	—
Natron	1,92	1,09	—
Glühverlust	1,24		0,74
	93,27	9,62	1,50.

Vergleichen wir nun diese Zahlen mit der Feldspath-Zusammensetzung 1, so ergibt sich, dafs nur ein Theil der Kieselsäure als Quarz im Gemenge vorhanden seyn konnte, dafs ein anderer Theil durch die Gewässer fortgeführt worden seyn mufs. Fortgeführt sind ferner zum Theil die Alkalien, hinzugeführt ist Eisenoxyd und Wasser oder organische Stoffe.

Das Verhalten der Alkalien verdient hier ein besonderes Interesse, da sie offenbar bei der Glimmerbildung die Hauptrolle spielen. Vom Natron sind $\frac{37}{100}$, vom Kali $\frac{30}{100}$ verschwunden. Der Grund, warum Natron und Kali sich bei geologischen Processen so verschieden verhalten, vermögen wir noch nicht anzugeben. Wir müssen uns begnügen darauf hinzuweisen, dafs es eine durchgehende Regel ist, dafs das Natron viel eher in Lösung übergeht als das Kali und dafs dieses letztere, wenn es sich in Lösung befindet, eine viel gröfsere Neigung zeigt, wieder in feste Verbindung überzugehen, als das Natron. Es wird dieses durch folgende Thatsachen bewiesen: Von Mineralien, welche sich wesentlich nur dadurch unterscheiden, dafs das eine Kali enthält, das andere Natron (Feldspath und Oli-

goklas), verwittert dieses bei weitem eher als das Kali-haltige. Gesteine, welche im frischen und im verwitterten Zustande untersucht worden sind, zeigten in diesem ein Ueberwiegen des Kali über das Natron, im Vergleiche zum frischen Gesteine. Behandelt man ein Gestein mit Säure, so enthält die Lösung das Natron überwiegend, im Vergleiche zum Verhältnisse der beiden Alkalien im ungelösten Rückstand. Das Natron tritt bei mineralischen Neubildungen niemals ein, sehr oft indess das Kali. Gewiss existirt auf Erden mehr Kali in fester Form als wie in Lösung. Betrachten wir aber das Weltmeer, so gewinnen wir die Ueberzeugung, daß das gelöste Natron bei weitem mehr beträgt, als das an feste Form in Mineralien gebundene.

Der geringe Gehalt von Kalkerde und Magnesia ist bei der Verwitterung nicht wesentlich verändert worden. Für das Eintreten des Eisenoxys in die Silicat-Mischung eine Erklärung durch das Experiment zu geben, ist in neuerer Zeit G. Bischof gelungen ¹⁾. Indem derselbe kieselsaures Natron über Eisenoxydhydrat kochte, bildete sich kieselsaures Eisenoxyd. In ähnlicher Weise können wir uns die Zersetzung des Feldspaths denken. Kohlensaures Eisenoxydul, der gewöhnliche Bestandtheil der Gewässer, schlug sich in Berührung mit atmosphärischer Luft als Eisenoxydhydrat nieder. Diefes wirkte auf das kieselsaure Alkali des Feldspaths ein. Kieselsaures Eisenoxyd trat in die Mischung ein, indem eine entsprechende Menge Alkali austrat. Bei der Umwandlung des Skapolith in Epidot ²⁾ treten in das Eisen-arme Mineral 15 Proc. Eisenoxyd ein.

Reduciren wir die Zusammensetzung des Glimmers gerade so, wie wir es mit dem verwitterten Feldspath gethan haben unter der Annahme, daß die absolute Menge der Thonerde unverändert geblieben sey, so ergibt sich:

1) S. Verhandlungen des naturhistorischen Vereins Bd. XII, S. 308.

2) S. diese Annalen Bd. XC No. 10, S. 307.

		Fortgeführt.	Zugeführt.
Kieselsäure	31,89	34,77	—
Thonerde	18,86	—	—
Eisenoxyd	3,61	—	3,15
Kalkerde	0,11	?	?
Magnesia	0,48	?	?
Kali	7,27	2,85	—
Natron	0,32	2,69	—
Wasser u. Glühverlust	2,26		1,76
	<u>65,55</u>	<u>41,31</u>	<u>4,91</u>

Während der Feldspath- bis zur Stufe der Verwitterung noch nicht ganz 7 Proc. verloren hatte, verschwanden bis zur Glimmerbildung 34,5 Proc. (wenn wir nämlich die hinzugeführten Theile Eisenoxyd und Wasser gegen gleiche Theile, welche austraten, aufheben). Die Veränderungen im Kalk- und Magnesia-Gehalte möchten auch hier wieder als unwesentlich zu vernachlässigen seyn. Im Uebrigen sehen wir, daß die Zusammensetzung des Glimmers durch dieselben Vorgänge sich müsse gebildet haben; nur sind sie weit mehr fortgeschritten. Die chemische Zusammensetzung, wie die äußere Erscheinung des untersuchten Handstücks, beweist, daß der verwitterte Feldspath eine Zwischenstufe bei der Glimmerbildung ist.

Die Sauerstoffzahlen des Glimmers Analyse III, erlauben nicht eine natürliche Formel aufzustellen. Der Ausdruck $(\text{K}, \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Na}^+) \ddot{\text{Si}} + (\text{Al}, \text{Fe}) \ddot{\text{Si}}^2$ würde allerdings der Zusammensetzung entsprechen, doch können so unmöglich die Stoffe geordnet seyn, da die schwachen Basen nicht auf einer höheren Sättigungsstufe stehen können, als die starken. Wie aber auch die Ordnung der Stoffe im Glimmer seyn möge, so ist gewiß, daß er kein neutrales Thonerde-Silicat, wie der Feldspath $(\text{Al}\ddot{\text{Si}}^3)$, enthalten könne. Das zweite Glied der Feldspath-Formel $\text{Al}\ddot{\text{Si}}^3$ konnten wir auf jener ersten Stufe der Verwitterung als ungestört betrachten; hier aber hat sich Alles ganz und gar verändert.

Der gewöhnliche Zersetzungs-Proceß des Feldspaths

— die Kaolinbildung — bietet eine ähnliche Erscheinung dar. Es verschwindet hierbei bekanntlich nicht nur das Kali-Silicat, sondern auch der grössere Theil ($\frac{1}{2}$) der Kieselsäure des Thonerde-Silicats. Forchhammer hat allerdings die Existenz eines Kali-Silicats von der Zusammensetzung K^3Si^2 dargethan. Dieses existirt aber im Feldspath nicht. Es bleibt also unbegreiflich, wie aus 3 Atomen Feldspath jenes saure Silicat ausgezogen werden sollte.

Die chemischen Vorgänge, welche die secundäre Glimmerbildung begleiteten, mögen wohl bei fortgesetzter Forschung sich enthüllen. Doch genügen, wie ich glaube, diese Vorgänge nicht zur Erklärung der Pseudomorphosen mit Austausch von Bestandtheilen. Ohne Zweifel haben auch die Krystallisationskräfte einen Antheil bei der allmählichen Neubildung.

Folgendes ist die der vollständigen Erklärung noch bedürftige Thatsache, welche uns die Bildung des Glimmers aus Feldspath darbietet: Eine mineralische Substanz von bestimmter Form und Mischung geht durch einen Zwischenzustand — eine Masse ohne Form und bestimmte Zusammensetzung — in ein neues Mineral über mit gesetzmässiger aber neuen Form und Mischung.

Oben wurde bereits erwähnt, dass unser neugebildeter Glimmer kaum ein Analogon unter den bisher untersuchten Glimmer-Varietäten habe. Es ist darum besonders merkwürdig, dass gerade der aus Wernerit neugebildete Glimmer ¹⁾ eine grosse Aehnlichkeit mit dem Feldspath-Glimmer besitzt. Wie wir aus den Zahlen auf der vorigen Seite unmittelbar die bei der Bildung des Glimmers aus Feldspath ab- und zugeführten Stoffen und ihre Menge überblicken konnten, so ergeben sich aus den folgenden Zahlen dieselben Verhältnisse für die Glimmerbildung aus Wernerit. 1) ist die muthmassliche ursprüngliche Zusammensetzung des Wernerits ($R^3Si^2 + 2R'Si$), 2) ist die gefundene Zusammensetzung des neugebildeten Glimmers, 3) die unter

1) S. diese Annalen Bd. XC, No. 10, S. 288.

der Annahme, die Thonerde sey bei der Umwandlung unverändert geblieben, reducirte Mischung desselben.

	1.	2.	3.	Fortgeführte - Zuggeführte Stoffe.	
Kieselsäure	49,5	50,55	49,13	—	—
Thonerde	27,5	28,29	27,5	—	—
Eisenoxyd	—	5,50	5,34	—	5,34
Kalkerde	15,0	2,43	2,36	12,64	—
Magnesia	—	0,41	0,39	—	0,39
Kali	—	7,62	7,41	—	7,41
Natron	8,0	1,26	1,22	6,78	—
Wasser	—	3,91	3,80	—	3,80
	100,	99,97	97,15	19,42	16,94.

Vergleichen wir diese Zahlen mit den entsprechenden des Feldspath-Glimmers, so müssen wir erstaunen, wie aus so verschiedenen ursprünglichen Mineralien dieselbe Neubildung hervorgehe. Wie verschieden müssen die Vorgänge gewesen seyn, welche die Umwandlung des Feldspaths bewirkten, und diejenigen, welche den Glimmer aus Wernerit bildeten. In der That, die Bildung des Glimmers aus so vielen und so verschiedenartigen Mineralien — Andalusit, Beryll, Cordierit, Cyanit, Feldspath, Hornblende, Nephelin, Turmalin, Wernerit — scheinen zu beweisen, daß sie in einer gewissen Hinsicht unabhängig von der Zusammensetzung des ursprünglichen Minerals sey.

Wir verdanken G. Bischof die chemische Kenntniß eines aus Feldspath entstandenen Glimmers von Finbo ¹⁾.

Dieser Glimmer stimmt in seiner Zusammensetzung vorzüglich wegen des hohen Kieselsäure-Gehalts nicht sonderlich mit dem pseudomorphen Glimmer von Lomnitz überein; so daß es scheint, als ob der aus Feldspath entstehende Glimmer eine veränderliche Zusammensetzung haben könne. Jener Glimmer von Finbo enthielt 6 Procent weniger Kali, dafür aber 6 Proc. Kieselsäure mehr. Thonerde + Eisenoxyd betrug 33 Proc., davon kamen $\frac{2}{3}$ auf die

1) Verhandlungen des naturhistorischen Vereins für Rheinl. und Westph. Bd. XII, S. 315.

Thonerde, $\frac{3}{2}$ auf das Eisenoxyd. Das Sauerstoffverhältniß $R:R(Al, Fe):Si$ ist gleich 1,74:13,24:28,65 oder $= 1:7,6:16,5$; es ist durchaus unähnlich irgend einem der Verhältnisse, welche den Rammelsberg'schen Glimmerformeln entsprechen ¹⁾

Wenn im Eingange dieses Aufsatzes gesagt wurde, daß die Umwandlung des Feldspaths in Glimmer Licht auf die Entstehung des Granits selbst zu werfen scheinen könnte, so wollen wir, von allem Andern abgesehen, nur des Umstandes Erwähnung thun, daß der Granit in weiter Umgebung von Lomnitz durchaus keinen hellen Kali-Glimmer, sondern nur schwarzen Magnesia-Glimmer enthält.

XI. Ueber das Aequivalent des Antimons; von R. Schneider.

Das Aequivalent des Antimons ist (im Jahre 1818) von Berzelius ²⁾ bestimmt worden. Er oxydirte eine gewogene Menge metallischen Antimons durch Salpetersäure, dampfte ab und glühte den Rückstand im Platintiegel; dabei fand er, daß 100 Theile Antimon 124,8 Theile antimonisches Antimonoxyd bilden. Hieraus ergab sich das Aequivalent des Antimons zu 1612,9, (oder zu nahe 129 für $H=1$) — eine Zahl, die bis jetzt unverändert beibehalten worden ist.

Es verdient bemerkt zu werden, daß Berzelius ³⁾ in einer früheren Arbeit (über die Oxyde des Antimons, 1812) bei der Verwandlung von Antimon in antimonisches Antimonoxyd nach derselben Methode Zahlen erhielt, die

1) S. Rammelsberg 4. Suppl. z. Handwörterbuch d. Min. S. 77.

2) Schweigg. Journ. 22, 69.

3) Ebendaselbst 6, 144.

bedeutend höher liegen als 124,8, nämlich in den verschiedenen Versuchen: 125,8, 126, 127,5, 127,8, 126,56. Freilich zeigen diese Zahlen nicht Uebereinstimmung genug, als daß man berechtigt wäre, dieselben der Berechnung des Aequivalentes zu Grunde zu legen. Nimmt man aber probeweise das Mittel (126,73) daraus, so berechnet sich für das Aequivalent des Antimons eine Zahl (1492,7), die derjenigen, zu welcher die vorliegende Arbeit (allerdings auf einem ganz anderen Wege) geführt hat, bis auf eine verhältnißmäßig kleine Abweichung angenähert ist. — Berzelius hat indess jene Zahlen später verworfen, weil, wie er selbst sagt, die bei den früheren Versuchen benutzten Glaskolben (in denen damals auch das Glühen des Rückstandes ausgeführt wurde) nicht der erforderlichen Temperatur hatten ausgesetzt werden können.

Es mußte bei der Wiederbestimmung des Antimonaequivalentes bedenklich erscheinen, eine Methode zu wählen, die selbst in Berzelius' sicherer Hand zu so wenig übereinstimmenden Resultaten geführt hatte. Zudem durfte es nicht als ausgemacht angesehen werden, daß das antimonsaure Antimonoxyd in hoher Temperatur keinen Sauerstoff verliert; der Umstand, daß Berzelius bei seinen späteren Versuchen, bei denen offenbar eine höhere Temperatur angewandt wurde, weniger Rückstand erhielt, als bei den früheren, schien gerade auf einen derartigen Verlust hinzudeuten. Ich habe mit Rücksicht auf diese Unsicherheit von der bezeichneten Methode, wie sehr dieselbe sich auch durch Einfachheit empfiehlt, absehen zu müssen geglaubt.

Auch die Verwandlung einer gewogenen Menge reinen Antimons in Dreifach-Schwefelantimon (durch unmittelbares Zusammenschmelzen), schien mir nicht genügende Sicherheit zu bieten. Selbst wenn es gelänge, die Temperatur genau zu treffen und längere Zeit hindurch sicher einzubalten, bei welcher der im Ueberschuß angewandte Schwefel vollständig, von dem zur Constitution des Schwefelantimons gehörigen keine Spur verflüchtigt wird, so

würde dem Gelingen des Versuches immer noch die Schwierigkeit entgegenstehen, während der ganzen Dauer desselben den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs vollständig auszuschließen und einer theilweisen Oxydation vorzubeugen, wozu das Schwefelantimon schon bei mäßiger hoher Temperatur geneigt ist.

Es lag der Gedanke nahe, anstatt des metallischen Antimons das Antimonoxyd als Ausgangspunkt für die Aequivalentbestimmung zu benutzen. Zwar läßt sich dieses Oxyd, wie wiederholte Versuche gezeigt haben, nicht durch Wasserstoff reduciren, ohne dabei in beträchtlicher Menge verflüchtigt zu werden; dagegen kann dasselbe durch vorsichtiges Erhitzen im Schwefelwasserstoffstrome vollständig und ohne bemerkbaren Verlust in Schwefelantimon verwandelt werden. — Leider haben sich die Schwierigkeiten, die der Darstellung des chemisch reinen Antimonoxydes entgegenstehen, besonders dann, wenn es darauf ankommt, in etwas größerem Maafsstabe zu arbeiten, nicht vollständig beseitigen lassen. Die meisten vorgeschlagenen Methoden geben bekanntlich ein Oxyd, das nicht frei ist von höheren Oxydationsstufen des Antimons. Die einzige, die dieser Vorwurf nicht trifft, die Zersetzung von Algarothpulver durch kohlen-saures Natron, zeigt sich insofern schwierig, als es selbst bei tagelangem Auswaschen nicht gelingt, dem Antimonoxyd die letzten Spuren von Natron zu entziehen. Selbst wenn das zuletzt ablaufende Waschwasser beim Abdampfen durchaus keinen Rückstand mehr hinterläßt, kann in dem Oxyde, durch Auflösen desselben in Chlorwasserstoffsäure, Füllen mit Schwefelwasserstoff und Abdampfen des Filtrats ein Gehalt an Natron nachgewiesen werden.

Es wird unter diesen Umständen gerechtfertigt erscheinen, wenn ich schließlich von einer natürlichen Verbindung des Antimons ausgegangen bin. Schon bei einigen früheren Aequivalent-Bestimmungen hat man sich mit Vortheil solcher natürlicher Verbindungen bedient und es muß dieß in allen den Fällen gerathen erscheinen, wo die Natur

Substanzen in einem Zustande der Reinheit darbietet; den wir auf künstlichem Wege zu erreichen nicht im Stande sind. Die Aequivalente des Calciums und Magnesiums sind als genau festgestellt zu betrachten, erst seitdem man Doppelspath und Magnesit zur Bestimmung derselben herangezogen hat.

Die Substanz, deren ich mich bei der vorliegenden Arbeit bedient habe, ist ein Antimonglanz von Arnsberg. Derselbe ist ausgezeichnet durch einen seltenen und überraschenden Grad von Reinheit. Von den Metallen, die das natürliche Schwefelantimon gewöhnlich begleiten (Arsenik, Blei, Kupfer, Eisen), ist keins in nachweisbarer Menge darin enthalten: er giebt vor dem Löthrohre durchaus keinen Knoblauchgeruch und ist durch Salzsäure ohne allen Rückstand (abgesehen von einer Spur Quarz) zersetzbar; der in der salzsauren Lösung durch Schwefelwasserstoff bewirkte Niederschlag ist in Schwefelalkalimetallen vollständig löslich, das Filtrat von diesem Niederschlage wird weder durch Schwefelammonium, noch durch Kaliumeisencyanür im Geringsten getrübt oder verdunkelt. — Eine geringe Menge Quarz (im Durchschnitt $\frac{1}{3}$ Proc.), die diesen Antimonglanz als Gangart begleitet und die selbst beim sorgfältigsten Auslesen nicht völlig zu beseitigen war, hat die Genauigkeit der weiter unten mitgetheilten Versuche nicht beeinträchtigen können, da sie sich in jedem einzelnen Falle mit großer Schärfe bestimmen liefs.

Die Reduction dieses Antimonglanzes im Wasserstoffstrome hat die nöthigen Data für die Aequivalentbestimmung an die Hand gegeben. Es hat sich gezeigt, daß diese Reduction bei einer Temperatur ausgeführt werden kann, bei der kaum bemerkbare Mengen von Schwefelantimon verflüchtigt werden. Bedingung für das Gelingen des Versuches ist indeß, daß die Temperatur niemals höher als bis zur beginnenden Schmelzung des Schwefelantimons gesteigert und daß der Wasserstoffstrom niemals zu sehr beschleunigt werde. Es ist bei den weiter unten mitgetheilten Versuchen auf die Reduction von je einem Gramm Schwefelantimon meistens

eine Stunde Zeit und darüber verwendet worden. In einem Falle (s. unten Versuch III), wo der Wasserstoffstrom außerordentlich beschleunigt wurde und auch ein etwas stärkeres Erhitzen stattfand, zeigte sich die Menge des verflüchtigten Schwefelantimons auf 0,05 Proc. der angewendeten Substanz gestiegen, während sie in keinem der anderen Versuche 0,02 Proc. betragen hatte. Es war aber dieser Versuch, der mit 4,1 Grm. Schwefelantimon angestellt wurde, in kaum 3 Stunden beendet worden.

Das zur Reduction benutzte Wasserstoffgas, aus einem sehr reinen Zink und reiner Schwefelsäure entwickelt, war, ehe es in die Reductionsröhre eintrat, auf das Sorgfältigste gereinigt worden. Es wurde aus der Entbindungsflasche zunächst durch eine kalische Auflösung von weinsteinsaurem Kupferoxyd geleitet, dann durch zwei Flaschen mit einer Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd in Kali, darauf durch zwei 3 Fufs lange Röhren, mit groben Glassplittern gefüllt, welche letztere mit einer Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd genetzt waren, darauf durch eine Schwefelsäureflasche, endlich durch drei U-förmige, 1½ Fufs lange Röhren, in deren ersterer sich reines geschmolzenes Chlorcalcium, in den beiden anderen geschmolzenes Aetzkali in kleinen Stückchen befand. — Die angewandten Reductionsröhren waren aus härtestem Glase gefertigt und möglichst stark in den Wandungen der angeblasenen Kugel, so dafs diese selbst nach stundenlangem Erhitzen ihre Gestalt unverändert beibehielt. Die Gestalt dieser Röhren wich von der gewöhnlichen insofern ab, als die Kugel unter die Leitungsröhren bedeutend versenkt war. Es bietet diese Gestalt den Vortheil, dafs gröfsere Mengen von Substanz auf einmal zur Reduction gebracht werden können und dafs nicht so leicht Theilchen des zu reducirenden Körpers im Gasstrom mechanisch fortgerissen werden.

Um die während der Reduction (selbst bei möglichst niedrig gehaltener Temperatur) verflüchtigten kleinen Mengen von Schwefelantimon aufzufangen, wurde das aus der Reductionsröhre austretende Gasgemenge durch eine kleine

Vorlageflasche mit destillirtem Wasser und zwei andere mit Aetzammoniakflüssigkeit geleitet, womit zugleich der Vortheil verbunden war, daß das Schwefelwasserstoffgas vollständig absorbiert wurde. In einigen Versuchen habe ich hinter die erste Vorlage mit Ammoniak zwei solche mit concentrirter Bleizuckerlösung und nach dieser eine mit salpetersaurem Silberoxyd eingeschaltet, um zu sehen, ob unter den abziehenden Gasen sich Antimonwasserstoff befinde¹⁾. In keinem Falle wurde die Silberlösung auch nur im Geringsten getrübt, und es ist somit als erwiesen zu betrachten, daß ein Verlust von Antimon auf diesem Wege nicht stattgefunden hat.

Nach beendiger Reduction wurde der Inhalt der beiden ersten Vorlageflaschen zusammengossen, das Wasser vom Reinigen der Leitungsröhren hinzugefügt und die ganze Flüssigkeit schwach mit Salzsäure angesäuert. Das gefällte Schwefelantimon (nebst viel freiem mitgefälltem Schwefel) wurde nach einiger Zeit auf einem möglichst kleinen Filtrum gesammelt, durch vorsichtiges Rösten in antimonensaures Antimonoxyd verwandelt und dies gewogen.

Bei der Beendigung der einzelnen Versuche zeigte sich die Schwierigkeit, dem reducirten Antimon die letzten Spuren von Schwefel vollständig zu entziehen. Selbst nach stundenlangem starken Erhitzen des Metalles fand immer noch eine schwache Entwicklung von Schwefelwasserstoff statt, die zwar kaum durch den Geruch, wohl aber durch ein herangehaltenes mit Bleizuckerlösung getränktes Papier deutlich wahrgenommen werden konnte. Um die schon an sich langwierigen Versuche nicht noch mehr in die Länge zu ziehen, habe ich diesen, mit so großer Hartnäckigkeit vom Antimon zurückgehaltenen Schwefel auf andere Weise zu bestimmen gesucht.

- 1) Durch Wasser, Aetzammoniak und essigsaures Bleioxyd wird (nach Simon) Antimonwasserstoff nicht zersetzt. Die Bleizuckerlösung diene nur dazu, dem Wasserstoffgase vor der Berührung mit der Silberlösung die letzten Spuren von Schwefelwasserstoff und das aus der zweiten Vorlage verdampfte Ammoniak zu entziehen.

Das metallische Antimon wurde in Königswasser aufgelöst — (der hierbei ungelöst bleibende Quarz wurde abfiltrirt und gewogen) —, die Auflösung im Wasserbade zur Trockne verdampft und darin bis zur Vertreibung der größten Menge freier Säure erwärmt. Der Rückstand wurde darauf mit heißem Wasser übergossen, mit reinem kohlen-sauren Natron übersättigt, längere Zeit damit digerirt, das ausgeschiedene Antimonoxyd abfiltrirt und aus dem mit Salzsäure angesäuerten Filtrate durch salpetersaure Baryterde die Schwefelsäure gefällt. Aus dem Gewichte des schwefelsauren Baryts ergab sich die vom Antimon zurückgehaltene Schwefelmenge. Dieselbe betrug im höchsten Falle (s. Versuch III) etwa 0,1 Proc., und bei den andern Versuchen in demselben Maasse weniger als das letzte Erhitzen des Antimons im Wasserstoffstrom verlängert worden war.

Es sind nach dem im Vorhergehenden beschriebenen Verfahren im Ganzen acht Versuche ausgeführt worden. Zu den Versuchen I, II, IV, V, VI und VII wurde der Antimonglanz im Zustande eines gröblichen Pulvers benutzt, aus dem der Quarz möglichst sorgfältig ausgelesen und das gleichmäÙig gemischt worden war. Bei den Versuchen III und VIII wurden gröbere Stückchen des Antimonglanzes angewandt, die gleichfalls sorgfältig ausgesucht waren, in denen aber etwas mehr Quarz eingeschlossen war. — Folgendes sind die Resultate, wie sie bei den einzelnen Versuchen erhalten wurden.

I. Versuch.

Dauer der Reduction 3 Stunden.

Angewandte Substanz 3,20925 Grm.

Quarz 0,011 „

Abnahme nach der Reduction 0,9125 „

Schwefelantimon aus den Vorlagen 0,0005 „

BaO, SO₃ aus dem reducirten Antimon 0,00125 „

= 0,009 Grm., also Schwefel

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,441 Proc. Antimon und

28,559 „ Schwefel.

II. Versuch.

Dauer der Reduction 4 Stunden.

Angewandte Substanz 3,6565 Grm.

Quarz 0,010 "

Abnahme nach der Reduction 1,0410 "

Schwefelantimon aus den Vorlagen . . . 0,00075 "

BaO, SO₃ aus dem reducirten Antimon

= 0,006 Grm. = Schwefel 0,00083 "

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,443 Proc. Antimon und

28,557 " Schwefel.

III. Versuch.

Dauer der Reduction 3 Stunden, also bedeutend weniger als bei den anderen Versuchen.

Angewandte Substanz 4,1835 Grm.

Quarz 0,0250 "

Gewichts-Abnahme nach der Reduction 1,1820 "

Schwefelantimon aus den Vorlagen . . . 0,0020 "

BaO, SO₃ aus dem reducirten Antimon

= 0,0325 Grm., Schwefel 0,0045 "

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,499 Proc. Antimon und

28,501 " Schwefel.

IV. Versuch.

Dauer der Reduction 5½ Stunden.

Angewandte Substanz 5,2305 Grm.

Quarz 0,0200 "

Gewichts-Abnahme nach der Reduction 1,4865 "

Schwefelantimon aus den Vorlagen . . . 0,0005 "

BaO, SO₃ aus dem reducirten Antimon

= 0,012 Grm., d. h. Schwefel 0,00165 "

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,446 Proc. Antimon und

28,554 " Schwefel.

V. Versuch.

Dauer der Reduction $6\frac{1}{2}$ Stunden.

Angewandte Substanz 6,2345 Grm.

Quarz 0,0215 "

Gewichts-Abnahme nach der Reduction 1,7710 "

Schwefelantimon aus den Vorlagen . . . 0,0010 "

Ba O, SO₃ aus dem reducirten Antimon
= 0,017 Grm., also Schwefel . . . 0,00235 "

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,468 Proc. Antimon und

28,532 " Schwefel.

VI. Versuch.

Dauer der Reduction 8 Stunden.

Angewandte Substanz 7,3310 Grm.

Quarz 0,0270 "

Gewichts-Abnahme nach der Reduction 2,0770 "

Schwefelantimon aus den Vorlagen Unwägbare Menge

Ba O, SO₃ aus dem reducirten Antimon
= 0,0255 Grm., also Schwefel . . . 0,0035 Grm.

Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,515 Proc. Antimon und

28,485 " Schwefel.

VII. Versuch.

Dauer der Reduction 8 Stunden.

Angewandte Substanz 8,1455 Grm.

Quarz 0,0300 "

Gewichts-Abnahme nach der Reduction 2,3065 "

Schwefelantimon aus den Vorlagen . . . 0,0005 "

Ba O, SO₃ aus dem reducirten Antimon
= 0,044 Grm., also Schwefel . . . 0,00607 "

Danach sind erhalten in 100 Theilen Schwefelantimon:

71,508 Proc. Antimon und

28,492 " Schwefel.

VIII. Versuch.

Dauer der Reduction	$11\frac{1}{2}$ Stunden.	
Angewandte Substanz		10,6245 Grm.
Quarz		0,0870 "
Gewichts-Abnahme nach der Reduction		2,9945 "
Schwefelantimon aus den Vorlagen		0,00125 "
BaO, SO ₃ aus dem reducirten Antimon		
= 0,054 Grm., also Schwefel		0,0075 "
Danach sind enthalten in 100 Theilen Schwefelantimon:		
71,519 Proc. Antimon und		
28,481 " Schwefel.		

Die Resultate in übersichtlicher Zusammenstellung sind also folgende:

I.	71,441	Proc. Antimon und	28,559	Proc. Schwefel
II.	71,443	" " "	28,557	" "
III.	71,499	" " "	28,501	" "
IV.	71,446	" " "	28,554	" "
V.	71,468	" " "	28,532	" "
VI.	71,515	" " "	28,485	" "
VII.	71,508	" " "	28,492	" "
VIII.	71,519	" " "	28,481	" "
Mittel:	71,480	Proc. Antimon und	28,520	Proc. Schwefel.

Es berechnet sich daraus das Aequivalent des Antimons zu 1503,80, oder zu 120,3 für H = 1.

Obschon ich allen Grund habe anzunehmen, daß diese Zahl der Wahrheit bis auf eine geringe Abweichung angenähert ist, so mag ich doch die vorstehende Versuchsreihe noch nicht als völlig abgeschlossen betrachten. Bei einer näheren Vergleichung der Resultate der einzelnen Versuche zeigt sich, daß, abgesehen von Versuch III, mit steigender Menge des zur Reduction gebrachten Schwefelantimons der Gehalt desselben an Antimon höher (und der an Schwefel entsprechend niedriger) gefunden wurde. Es scheint dieß auf einen geringen Fehler hinzudeuten, der bei sämtlichen Versuchen (vielleicht mit Ausnahme von Versuch III) untergelaufen ist und der sich bis jetzt der Beobachtung

entzogen hat. Wahrscheinlich wird es möglich seyn, durch Reduction bedeutend größerer Mengen Schwefelantimons, als bei den bisherigen Versuchen zur Anwendung kamen (vielleicht 20 bis 30 Grammen), diesen Fehler bis zur Sichtbarkeit zu vergrößern und ihm dann in geeigneter Weise zu begegnen. Ich behalte mir vor, diese zeitraubenden Versuche in der Folge auszuführen und das Resultat gelegentlich mitzutheilen. Bedeutend kann der Fehler, um den es sich handelt, keinesfalls seyn, dafür spricht schon die geringe Schwankung (im höchsten Falle 0,078 Proc.) in den Resultaten der obigen Versuchsreihe. Es wird also für jetzt und bis wir der Wahrheit nachweislich noch näher gekommen sind, das Aequivalent des Antimons unbedenklich zu 1503,8 oder (da in dieser Höhe der Zahlen auf Decimalstellen nicht der geringste Werth zu legen ist) zu 1504 angenommen und diese Zahl bei den betreffenden Berechnungen zu Grunde gelegt werden dürfen.

Die bedeutende Abweichung dieser Zahl von derjenigen, die bisher für das Aequivalent des Antimons gegolten hat, — (es handelt sich um eine Differenz von mehr denn 100 Ganzen für $O = 100$, oder um fast 9 sogenannte Wasserstoffeinheiten) — zieht eine erhebliche Aenderung in unseren Annahmen über die procentische Zusammensetzung sämtlicher Antimonverbindungen nach sich. Dabei erweisen sich zahlreiche analytische Angaben aus früherer und neuerer Zeit, die zu den bisherigen theoretischen Voraussetzungen mit auffallender Genauigkeit stimmten, als unrichtig, — andere, die fehlerhaft zu seyn schienen, rücken in die Zahl der richtigen Bestimmungen ein. Dafs unter den letzteren sich solche befinden, die aus H. Rose's Meisterhand hervorgegangen sind, gilt mir als eine Bestätigung dafür, dafs das von mir aufgestellte Antimon - Aequivalent sich von der Wahrheit wenigstens nicht weit entfernt. Das *Rothspießglanzerz* enthielt nach den bisherigen Voraussetzungen 76,25 Proc. Antimon; das Aequivalent zu 1504 gesetzt, enthält es nur 75,04 Proc. H. Rose's Analyse hatte 75,06 Proc. ergeben. — Die Zusammensetzung des *Chlorantimons* ($SbCl^3$)

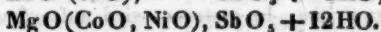
nähm man bisher an zu 54,85 Proc. Antimon und 45,15 Proc. Chlor; das neue Antimon-Aequivalent verlangt 53,07 Proc. Antimon und 46,93 Proc. Chlor. H. Rose fand 53,27 Proc. Antimon und 46,73 Proc. Chlor. — Im *Fünffach-Chlorantimon* (SbCl_5) nahm man bisher an 42,16 Proc. Antimon und 57,84 Proc. Chlor; das jetzige Antimon-Aequivalent verlangt 40,43 Proc. Antimon und 59,57 Proc. Chlor. H. Rose fand die Zusammensetzung zu 40,56 Proc. Antimon und 59,44 Proc. Chlor.

In einer vor einigen Jahren veröffentlichten Arbeit über antimonsauren Salze hat Heffter ¹⁾ auf Grund zahlreicher Analysen die Ansicht aufgestellt, daß diese Salze im Allgemeinen nach dem Schema $\text{MO}, \text{HO} + 12(\text{MO}, \text{SbO}_3 + n\text{HO})$ zusammengesetzt seyen, worin M das positive Metall und n die Zahl der Wasseraequivalente bedeutet. Das Verhältniß von 13 Aequivalenten Basis zu 12 Aequivalenten Säure war indess so sehr ungewöhnlich, der Analogien so gänzlich entbehrend, daß die Heffter'schen Angaben von den Chemikern mit einigem Mißtrauen aufgenommen wurden. Wie sich jetzt zeigt, trifft Heffter keineswegs der Vorwurf ungenauen Arbeitens, sondern der weit leichtere, aus seinen guten und gewiß genauen Analysen nur unter der Voraussetzung eines unrichtigen Antimon-Aequivalentes und mit einer fast ängstlichen Gewissenhaftigkeit Formeln von unwahrscheinlicher Gestalt hergeleitet zu haben. Berechnet man nämlich die procentische Zusammensetzung der antimonsauren Salze nach dem Schema $\text{MO}, \text{SbO}_3 + n\text{HO}$ und unter Zugrundelegung des neuen Antimon-Aequivalentes, so ergeben sich Zahlen, denen die von Heffter erhaltenen bis auf einen Grad angenähert sind, mit dem man sich bei Analysen dieser Art zu begnügen pflegt. Daß die Uebereinstimmung nicht sehr groß ist, kann kaum befremden, da der Darstellung der antimonsauren Salze im ganz reinen Zustande Schwierigkeiten entgegenstehen, die sich bis jetzt nicht völlig haben beseitigen lassen. Fast alle von Heffter untersuchten Salze, selbst die gut krystallisirten, haben

1) Diese Annalen Bd. 86, S. 418.

etwas Natron enthalten, von dem es zweifelhaft bleibt, ob es unter der Form des krystallisirten antimonsauren Natrons ($\text{NaO}, \text{SbO}_3 + 7\text{HO}$) oder unter einer anderen in die Zusammensetzung jener Salze eingegangen war. Diesen Umstand, durch den natürlich die Schärfe der Resultate beeinträchtigt werden mußte, mit in Betracht gezogen, ist aller Grund vorhanden, die von Heffter untersuchten Salze als neutrale antimonsaure Salze anzusprechen, zumal sich das Verhältniß des Sauerstoffgehaltes der Basis zu dem der Säure in den meisten Fällen sehr nahe $= 1 : 5$ berechnet.

Es ändern sich demnach die von Heffter aufgestellten Formeln in folgende um:



Die Formel des Kalisalzes ist dieselbe, die schon vor längerer Zeit von Fremy ¹⁾ dafür aufgestellt worden ist, freilich nur auf Grund einer Wasserbestimmung, bei der 22 Proc. anstatt der theoretisch geforderten 23,3 Proc. Wasser gefunden wurden. — Für das Kalksalz hat Heffter 5 Aequivalente Wasser angegeben, — ein Werth, der neben den 6 Aequivalenten des Baryt- und Strontiansalzes etwas auffallend erscheint und dessen Richtigkeit wohl noch der weiteren Bestätigung bedarf.

Es möge schliesslich hier die Bemerkung Platz finden, daß das arithmetische Mittel (945) aus dem neuen Antimon-Aequivalente und dem des Phosphors (387,5 nach Schrötter) dem Aequivalente des Arseniks (937,5 nach Pelouze) sehr nahe liegt. Es scheint hiernach, als wenn zwischen diesen 3 Aequivalenten eine ähnliche Beziehung bestehe, wie sie z. B. zwischen denen des Calciums, Strontiums und Baryums oder denen des Chlors, Jods und Broms stattfindet.

Berlin, im April 1856.

1) Journal f. pract. Chemie Bd. 45, S. 212.

XII. Neue Volta'sche Batterie.

Der *Cosmos* No. X dieses Jahres (T. VIII, p. 253) enthält, nach der Angabe dreier Lyoner Zeitungen eine, wie er selbst gesteht, etwas unverständliche Beschreibung einer neuen Volta'schen Batterie, als deren Erfinder die HH. Lacassagne und Thiers genannt werden. Dieselbe gehört zur Klasse der trocknen Säulen, indem darin die wässrigen Flüssigkeiten durch geschmolzene Salze ersetzt sind. Ein Element derselben besteht aus zwei concentrischen Tiegeln, von denen der innere offenbar poröse seyn muß. Dieser innere enthält ein Aluminiumsalz, der äußere dagegen Chlornatrium. In ersteren wird außerdem ein Kohlenzylinder und in letzteren ein (vermuthlich hohler, den kleineren Tiegel einschließender) Eisenzylinder gestellt. Das Ganze wird dann bis zur Rothgluth erhitzt, damit die Salze in Flus kommen. Wenn, nachdem dies geschehen ist, Kohle und Eisen durch einen Leiter verbunden werden, entsteht ein starker elektrischer Strom und zugleich scheidet sich an der Kohle Aluminium aus. Es wird gesagt, daß man bei einem Versuch, nach dem Apparat zwei Stunden lang im Feuer gewesen und darauf erkalten gelassen war, beim Zerschlagen des Tiegels einen schönen Regulus von Aluminium am Boden desselben vorgefunden habe.

XIII. *Mittheilungen zur Bestätigung des von Hrn.
R. Fritsch gelieferten Nachweises einer säculären
Aenderung der Luft - Temperatur;
von Dr. K. G. Zimmermann.*

Als ich im Jahre 1845 meine Schrift: »Hamburgs Klima, Witterung und Krankheits-Constitution«¹⁾ schrieb, und für diesen Zweck die mittleren Temperaturen aus der Summe der Beobachtungen von 1832 bis 1843 berechnete, fiel mir auf, eine niedrigere Jahres - Temperatur gefunden zu haben, als sie von Dr. H. W. Buck in seiner Schrift: »Hamburgs Klima und Witterung«, Hamburg 1826, angegeben war; denn während Buck aus der Beobachtungsreihe vom Jahre 1807 bis 1824 die mittlere Temperatur Hamburgs zu $+7^{\circ},12$ R. berechnet hatte, erhielt ich nur $+7^{\circ},09$ R.

Dies bestimmte mich im Jahre 1850 die ganze Beobachtungsreihe vom Jahre 1807 bis 1849 noch einmal durchzurechnen, und ich fand zu meiner Ueberraschung die Mittel-Temperatur der Beobachtungsreihe von 43 Jahren wieder, wenn auch nur um ein Geringes niedriger; nämlich $+7^{\circ},03$. Ich halbirte daher die Beobachtungsreihe, und erhielt für die Jahre von 1807 bis 1828 als Mittel-Temperatur $+7^{\circ},15$; aus den Beobachtungen von 1829 bis 1849 nur $+6^{\circ},92$. Ich fand auch bei dieser Gelegenheit, daß besonders der Winter kälter geworden sey; nämlich: die Mittel-Temperatur des Winters war von 1807 bis 1828: $+0^{\circ},25$; von 1829 bis 1850: $-0,02$. Auch die Mittel-Temperatur des Sommers erwies sich in der letzten Hälfte geringer; denn sie war von 1807 bis 1828: $+14^{\circ},15$; von 1829 bis 1849: $+13^{\circ},99$. Diese Wahrnehmung und die Resultate verschiedener Berechnungen theilte ich der hiesigen naturwissenschaftlichen Gesellschaft mit, und sprach damals schon, in einem Vortrage, den ich über die Witterungsverhältnisse unserer Gegend hielt, die Vermuthung aus, daß unser

1) Hamburg 1846, bei Perthes, Besser und Mauke.

Klima allmählich etwas kälter zu werden scheine; obwohl wir gegenwärtig noch keine Ursache dieser Erniedrigung aufzufinden vermögen.

Seitdem hat Hr. R. Fritsch in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie ¹⁾ eine *periodische Aenderung der Luft-Temperatur* nachgewiesen, und zwar, daß gleichfalls die mittlere Temperatur seit mehreren Decennien zu Wien, Mailand, Kremsmünster, Hohen-Peßsenberg, Regensburg, Prag, Berlin und St. Petersburg, in steter, wenn auch langsamer und nicht überall gleicher Abnahme begriffen sey. Er nimmt an, daß dieser Abnahme eine eben solche Zunahme vorausgegangen sey, und daß die Temperatur jetzt wieder zu steigen scheine; — und gelangte ferner durch eine Reihe anderer Zusammenstellungen zu dem Resultate, daß die höchsten Temperaturen mit jenen (um 11,11 von einander entfernt liegenden) Jahren zusammenfallen, in welchen, nach Rudolf Wolf in Bern, die Sonnenflecken am kleinsten sind, und daß die Temperatur mit Zunahme der Sonnenflecken von ihrem Maximum an um jährlich $0^{\circ},4$ R. sinke, mit dem Abnehmen derselben vom Maximum an jährlich wieder eben so viel steige, und daß diese Ab- und Zunahme der Mittel-Temperatur einen Zeitraum von 11 Jahren umfasse. — Zu einem ähnlichen, wenn auch nicht ganz übereinstimmenden Resultate führten Hrn. Schwabe's in Dessau Zusammenstellungen der Zeitperioden der Sonnenflecken, rücksichtlich ihrer Zu- und Abnahme, im Vergleich mit den herrschenden Getreidepreisen, die in gewisser Hinsicht als zusammenfallend mit kalten und warmen Jahren betrachtet werden können.

Wenn nun auch die Sonnenflecken, wie Ch. H. F. Peters Messungen ergeben zu haben scheinen, nicht als constante feststehende Erscheinungen betrachtet werden können; auch der Zeitraum ihrer Zu- und Abnahme nicht gleich lang zu seyn, sondern zwischen 9 und 11 Jahren zu schwanken scheint, so scheint doch die Thatsache einer säcularen

1) 1852 Bd. IX, S. 902 bis 911. 1853 Bd. XI, S. 499 bis 504, S. 773 bis 774.

Änderung der Luft-Temperatur unbestreitbar, da solche bereits an so verschiedenen Orten wahrgenommen worden ist.

Jene Mittheilungen veranlaßten mich neuerdings meine Rechnungen wieder aufzunehmen, und erlaube ich mir, um auch von hier aus einen Beitrag von jenen Wahrnehmungen zu liefern, das Ergebniss derselben den Physikern und Meteorologen vorzulegen. Damit man aber einen Maassstab der Zuverlässigkeit derselben habe, muß ich einige kurze Bemerkungen darüber voranschicken. Ich habe es nämlich vorgezogen, die mittleren Temperaturen aus dem täglichen höchsten und niedrigsten Thermometerstande zu berechnen, um eine möglichst genaue Uebereinstimmung meiner Beobachtungen mit denen früherer Beobachter zu erzielen. Die Mittel-Temperaturen der Jahre 1807 bis 1824 sind vom Dr. Buek, einem äußerst gewissenhaften und kritisch genauen Beobachter. Derselbe fand, daß die um 8 Uhr Morgens und 2 Uhr Nachmittags vom Dr. Willerding angestellten Thermometer-Beobachtungen, nach der Formel $m = \frac{2a+b}{3} = \frac{c+d}{2}$ berechnet, genau übereinstimmen mit dem Mittel des täglichen Maximum und Minimum des Thermometrographen. Nach diesen Berechnungen erhielt Dr. Buek für Hamburg als Mittel-Temperatur der Jahre 1807 bis 1824: $+7^{\circ},12\text{ R.}$

Die Mittel-Temperatur der Jahre 1825 bis 1831 habe ich aus den Angaben der HH. Harris und Campbell berechnet, welche ihre, vermittelt eines Six'schen Thermometrographen gewonnenen Beobachtungen in den hiesigen Zeitungen mitgetheilt haben. Die Temperaturen der Jahre 1832 bis 1855 wurden von mir selbst beobachtet, mit Hülfe eines Campbell'schen Thermometrographen, der 6 Fufs über dem Erdboden und 40 Fufs über dem mittleren Wasserstande der Elbe, an einer hölzernen Wand, vor Sonne und Wind geschützt, aufgehängt ist; ihm zur Seite hängt ein Lohse'sches Quecksilberthermometer als Controleur. Außerdem wurden die Angaben meines Ther-

mometrographen mit denen von Campbell täglich verglichen, und wenn sich kleine Abweichungen zeigten, das Mittel der verschiedenen Beobachtungen notirt. Jene ersten wie die letzteren Beobachtungen bilden das Material für die nachfolgenden Berechnungen.

Wenn zwar schon Buek's Berechnungen ergeben hatten, daß das Mittel des Maximum und Minimum der Temperatur der wahren Mitteltemperatur sehr nahe kommt, so lag mir doch daran, den Unterschied selbst kennen zu lernen. Zu diesem Zwecke benutzte ich die Temperatur-Beobachtungen eines sehr aufmerksamen Beobachters auf dem Lande, welcher während der Jahre 1846 bis 1849 den Stand des Thermometers des Morgens bei Sonnenaufgang, Mittags um 2 Uhr und Abends bei Sonnenuntergang notirt hatte. Diese Beobachtungen wurden von mir nach der von Hr. A. v. Humboldt¹⁾ angegebenen Methode so berechnet, daß ich dadurch die Mittel-Temperatur jedes Tages erhielt, und aus der Summe aller Mittel-Temperaturen der vier Jahre berechnete ich dann die monatliche und endlich die Mittel-Temperatur des Jahres. Mit diesem wurden die aus dem Maximum und Minimum jeden Tages derselben Jahre erlangten Mittel-Temperaturen verglichen. Das Ergebniss war folgendes:

Mittel der Beobachtungen auf dem Lande von 1846 bis 1849.

im Januar	Februar	März	April	Mai
— 3°,963	+ 1°,313	+ 3°,929	+ 6°,340	+ 10°,828
Juni	Juli	August	September	October
+ 13°,677	+ 14°,922	+ 14°,816	+ 10°,409	+ 7°,7
November	December	M. T. des Jahres.		
+ 3°,928	— 1°,419	+ 6°,873.		

Mittel des täglichen Maximum und Minimum des Thermometrographen von 1846 bis 1849.

im Januar	Februar	März	April	Mai
— 4°,008	+ 1°,13	+ 3°,47	+ 5°,79	+ 10°,61
Juni	Juli	August	September	October
+ 13°,59	+ 14°,79	+ 14°,85	+ 11°,34	+ 7°,191
November	December	M. T. des Jahres.		
+ 3°,04	— 1°,594	+ 6°,634.		

1) Kleinere Schriften, I. Bd. S. 230 — 233.

Die Beobachtungen auf dem Lande ergaben also eine höhere Temperatur von $0^{\circ},219$.

Um mich ferner zu überzeugen wie groß der Irrthum seyn würde, wenn die mittlere Jahres-Temperatur nur aus dem täglichen Maximum und Minimum berechnet werde, habe ich in den letzten beiden Jahren 1854 und 1855 die tägliche mittlere Temperatur nach des Hrn. v. Humboldt's Vorschlag, nach der Dauer der Temperaturen, oder nach der in Zeit ausgedrückten Entfernung des Maximum aus dem höchsten und niedrigsten Thermometerstande berechnet: nämlich:

$$\frac{\text{Minim.} + \text{Maxim.} \times \text{h. t. mat.} + \text{Maxim.} + \text{Minim.} \times \text{h. t. vesp.}}{24} = \text{M. T.}$$

Das Resultat war, im Vergleich zu den durch einfache Halbierung des Maximum und Minimum gewonnenen Mittel-Temperaturen, im Allgemeinen gleichfalls wenig abweichend von letzteren; obwohl einzelne Monate nicht unerhebliche Differenzen zeigen:

Mittel-Temperaturen nach Correction mit Rücksicht auf die Dauer der Temperatur.

	Januar	Februar	März	April
1854:	- $0^{\circ},273$	+ $0^{\circ},940$	+ $3^{\circ},167$	+ $6^{\circ},077$
1855:	- $2^{\circ},638$	- $6^{\circ},714$	- $0^{\circ},31$	+ $4^{\circ},335$
	Mai	Juni	Juli	August
1854:	+ $10^{\circ},204$	+ $12^{\circ},805$	+ $14^{\circ},826$	+ $13^{\circ},486$
1855:	+ $7^{\circ},652$	+ $12^{\circ},121$	+ $13^{\circ},479$	+ $13^{\circ},755$
	September	October	November	December
1854:	+ $10^{\circ},915$	+ $6^{\circ},489$	+ $0^{\circ},631$	+ $1^{\circ},489$
1855:	+ $10^{\circ},038$	+ $7^{\circ},93$	+ $0^{\circ},995$	- $3^{\circ},075$

M. T. des Jahres

1854:	+ $6^{\circ},729$
1855:	+ $4^{\circ},797$

Mittel-Temperaturen aus der halben Summe der Maxima und Minima.

	Januar	Februar	März	April
1854:	- $0^{\circ},742$	+ $0^{\circ},196$	+ $3^{\circ},129$	+ $6^{\circ},116$
1855:	- $2^{\circ},475$	- $6^{\circ},848$	- $0^{\circ},346$	+ $4^{\circ},316$

	Mai	Juni	Juli	August
1854:	+ 10°,22	+ 12°,48	+ 14°,822	+ 13°,516
1855:	+ 7°,59	+ 12°,191	+ 13°,492	+ 13°,742
	September	October	November	December
1854:	+ 10°,908	+ 6°,572	+ 0°,675	+ 1°,395
1855:	+ 10°,083	+ 7°,984	+ 1°,066	- 3°,113
	M. T. des Jahres.			
	1854: + 6°,607			
	1855: + 4°,807			

Ziehen wir das Mittel aus beiden Beobachtungsreihen, so erhalten wir nach der ersten Methode + 5°,763, nach der zweiten + 5°,707, also einen Unterschied von 0°,056 für beide Jahre zusammen.

Da das Jahr 1855 ein ungewöhnlich kaltes, für unsere Gegend das kälteste seit Menschengedenken war, so will ich mir erlauben zur Vergleichung die von Dr. Buek berechneten Mittel-Temperaturen der Jahre 1807 bis 1824 hiebei anzuführen.

Januar	Februar	März	April	Mai
- 0°,89	+ 1°,07	+ 2°,69	+ 6°,54	+ 11°,04
Juni	Juli	August	September	October
+ 13°,40	+ 14°,50	+ 14°,39	+ 11°,19	+ 7°,14
November	December	M. T. des Jahres		
+ 3°,66	+ 0°,78	+ 7°,12.		

Da Hamburg unter 53° 33' N. Breite und 7° 38' O. Länge von Paris, oder 27° 38' O. Länge von Ferro liegt, so müßte die Mittel-Temperatur nach der Isotherm-Curve + 7°,4 seyn.

Vergleichen wir, um wieder zu dem eigentlichen Gegenstande dieser Arbeit zurückzukehren, mit jenem von Buek gewonnenen Resultate die Temperaturen seit dem Jahre 1824, so zeigt sich eine Erniedrigung der Temperatur fast aller Monate, mit Ausnahme der Herbstmonate. Die Mittel-Temperaturen der Jahre 1825 bis 1855 ergaben nämlich:

Januar	Februar	März	April	Mai
- 1°,339	+ 0°,121	+ 2°,818	+ 6°,297	+ 10°,171
Juni	Juli	August	September	October
+ 13°,149	+ 14°,489	+ 14°,115	+ 11°,623	+ 7°,539
November	December	M. T. des Jahres		
+ 2°,879	+ 0°,573	+ 6°,828.		

Es ergibt sich also seit dem Jahre 1824 eine Erniedrigung der Temperatur um 0°,292, und besonders scheinen Winter und Frühling, so wie zwar nur wenig, auch der Sommer kälter, der Herbst aber ein höchst geringes wärmer geworden zu seyn, wie folgende Zusammenstellung zeigen wird:

Mittel-Temperaturen des				
	Winters	Frühlings	Sommers	Herbstes
von 1807 bis 1824:	+ 0°,26	+ 6°,72	+ 14°,09	+ 7°,33
" 1825 " 1855:	- 0°,215	+ 6°,256	+ 13°,918	+ 7°,347.

Die Abnahme der Wärme unserer Gegend wird noch deutlicher, wenn wir die ganze Beobachtungsreihe der Temperaturen von 1807 bis 1855 halbiren; wir erhalten dann nämlich:

von 1807 bis 1830 eine Mittel-Temperatur von + 7°,10
 " 1831 " 1855 " " " " + 6°,77.

Aus obigen Zusammenstellungen geht also hervor, daß die Mittel-Temperatur Hamburgs jetzt niedriger angenommen werden muß, als sie von Buek bis zum Jahre 1824 gefunden wurde; auch wenn man die kleine Differenz hinzurechnen wollte, welche durch Interpolation oder andere Correctionen gefunden wurde. Unser Klima scheint also kälter geworden zu seyn. Es kommt nun aber darauf an, zu ermitteln, ob diese Abnahme der Temperatur eine constante sey, oder ob sich Perioden der Ab- und Zunahme nachweisen lassen. Es ist hiebei nur zu bedauern, daß wir keine frühere und längere Beobachtungsreihe von einiger Zuverlässigkeit besitzen, als die von 1807 bis 1855. Theilen wir diese aber in zehnjährige Perioden, so ergibt sich folgendes Verhältniß, nämlich:

von 1807 bis 1815	war die Mittel-Temperatur	+ 6°,81
„ 1816 „ 1825	„ „ „ „	+ 7°,62
„ 1826 „ 1835	„ „ „ „	+ 7°,23
„ 1836 „ 1845	„ „ „ „	+ 6°,78
„ 1846 „ 1855	„ „ „ „	+ 6°,38.

Es zeigt diese Zusammenstellung also von 1816 bis 1825 eine beträchtliche Zunahme der Temperatur, von 1826 an jedoch eine ziemlich regelmäßige Abnahme derselben um durchschnittlich 0°,4; also genau so viel, als von Fritsch angenommen worden ist.

Fritsch bringt diese säculare Abnahme der Temperatur mit den von Rudolf Wolff gefundenen elfjährigen Perioden der Zu- und Abnahme der Sonnenflecken in causal-Zusammenhang. Diese Ansicht erhält in sofern scheinbar einige Bestätigung dadurch, daß die Temperaturen in den aufeinander folgenden elfjährigen Perioden wechseln. Theilt man nämlich die obige Beobachtungsreihe in elfjährige Abschnitte, so erhält man:

für die J. von 1811 bis 1821	eine Mittel-Temp. von	+ 7°,19
„ „ „ 1822 „ 1832	„ „ „ „	+ 7°,29
„ „ „ 1833 „ 1843	„ „ „ „	+ 7°,16
„ „ „ 1844 „ 1854	„ „ „ „	+ 6°,47.

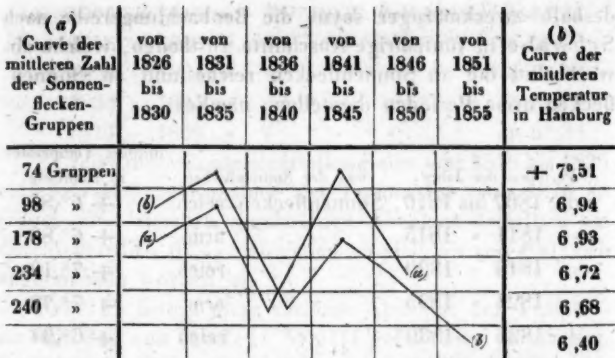
Auch diese Zusammenstellung zeigt gleichfalls eine regelmäßige Abnahme der Temperatur. Außerdem, im Vergleich mit der obigen zehnjährigen, geht noch beiläufig daraus hervor, wie wenig zuverlässig kleine Beobachtungsreihen sind, um die Mittel-Temperatur eines Ortes zu bestimmen. Denn einzelne sehr warme oder sehr kalte Jahre ändern wesentlich die zu suchenden Werthe, und solche Abweichungen von der mittleren Temperatur finden an jedem Orte von Jahr zu Jahr statt.

Jene elfjährige Perioden zählen von dem Jahre, welches die geringste Zahl der Sonnenflecken darbot, bis zu dem Zeitpunkte, wo dieses Minimum gleichfalls wieder einzutreten pflegte; sie umfassen also das Maximum und Minimum der Sonnenflecken. Sie erklären also weder den Wechsel noch die constante Abnahme der Temperatur. Es dürfte

deshalb zweckmäßiger seyn, die Beobachtungsreihe nach Schwabe in fünfjährige Abschnitte zu theilen, welche abwechselnd die an Sonnenflecken reiche und an Sonnenflecken arme Perioden darstellen; nämlich:

Perioden der Jahre, von 1807 bis 1810,	und der Sonnenflecken	mittlere Temperatur in Hamburg.
Sonnenflecken reich		+ 6°,81
„ 1811 „ 1815	„ arm	+ 6°,80
„ 1816 „ 1820	„ reich	+ 7°,12
„ 1821 „ 1825	„ arm	+ 7°,72
„ 1826 „ 1830	„ reich	+ 6°,94
„ 1831 „ 1835	„ arm	+ 7°,51
„ 1836 „ 1840	„ reich	+ 6°,68
„ 1841 „ 1845	„ arm	+ 6°,93
„ 1846 „ 1850	„ reich	+ 6°,72
„ 1851 „ 1855	„ arm	+ 6°,40.

Wenn diese Eintheilung auch allerdings einigen Wechsel der Temperaturen und ein Zusammentreffen derselben mit der Zu- und Abnahme der Sonnenflecken anzudeuten scheint, so findet dieß weder in den beiden ersten, noch in den letzten Quinquennien statt, und noch weniger wird dadurch die fortschreitende Verminderung der mittleren Wärme erklärt. Indessen scheint es doch, als wenn die Sonnenflecken einigen Einfluß auf den Gang der mittleren Temperatur ausüben, wenn man versucht, dieß durch parallele Linien zu versinnlichen, welche nach der Zu- und Abnahme beider in fünfjährigen Perioden gezogen werden, wie ich es hier vom Jahre 1826 bis 1855 versucht habe:



Das Zusammentreffen der Vermehrung und Verminderung der Sonnenflecken mit der Ab- und Zunahme der Temperatur, wie diese Zeichnung es darstellt, ist allerdings sehr merkwürdig, und würde noch mehr von Bedeutung seyn, wenn es constant wäre. Diefes ist es aber nicht in allen Quinquennien, wie ich glaube oben dargethan zu haben; noch weniger trifft jenes Zusammentreffen in allen Jahren zu. Das Maximum und Minimum der Temperatur folgt entweder dem Maximum und Minimum der Sonnenflecken, oder geht diesem ein oder ein Paar Jahre voraus, wie sich aus nachfolgender Zusammenstellung ergeben wird:

Jahre.	Zahl der im Jahre beobachteten Gruppen von Sonnenflecken.	Zahlen der flecken- freien Tage im Jahr.	Mittel-Temperatur in Hamburg.
1826	118	22	+ 7°,20
1827	161	2	7,0
1828	225 Max.	0	7,40
1829	199	0	5,43 Min.
1830	190	1	7,70
1831	149	3	7,64
1832	81	49	6,71
1833	33 Min.	139	7,33
1834	51	120	8,59 Min.
1835	173	18	7,28

Jahre.	Zahl der im Jahre beobachteten Gruppen von Sonnenflecken.	Zahlen der flecken- freien Tage im Jahr.	Mittel-Temperatur in Hamburg.
1836	272	0	6 ,82
1837	333 Max.	0	6 ,63
1838	282	0	5 ,89 Min.
1839	162	0	6 ,98
1840	152	3	6 ,90
1841	102	15	7 ,82 Max.
1842	68	64	7 ,33
1843	34 Min.	149	7 ,28
1844	52	111	6 ,10
1845	114	29	6 ,11
1846	147	1	7 ,74
1847	257	0	6 ,16 Min.
1848	330 Max	0	6 ,51
1849	328	0	6 ,83
1850	186	2	6 ,66.

Wie also aus dieser 25 jährigen Beobachtungsreihe hervorgeht, daß die Extreme der Sonnenflecken-Gruppen und der Luft-Temperatur nicht in denselben Jahren auf gleiche Weise zusammentreffen, so wird man zu dem Schluß genöthigt, daß jene nicht die einzige Ursache der Abnahme der mittleren Wärme seyn können, daß daher besonders die säculare Abnahme der Temperatur durch andere, bis jetzt noch unbekannte Ursachen bewirkt werde.

Um indessen zu erforschen, ob der Mondzirkel vielleicht von Einfluß darauf sey, da bekanntlich die Mondphasen alle 19 Jahre auf dasselbe Datum fallen, oder der Mondlauf auf demselben Datum mit dem Sonnenstande zusammenfällt, so habe ich die Mittel-Temperatur nach dem 19 jährigen Mondzirkel auf verschiedene Weise berechnet, aber auch auf diesem Wege kein anderes Resultat erzielt, als dasjenige, welches aus den früheren Berechnungen hervorging: daß nämlich nach einer Zunahme der Temperatur in

den ersten Decennien; wieder Abnahme derselben folgte. So war z. B. die Mittel-Temperatur:

von 1807 bis 1825:	+ 7°,13
„ 1826 „ 1844:	7°,05
„ 1845 „ 1855:	6°,35
oder von 1807 „ 1817:	6°,83
„ 1818 „ 1836:	7°,38
„ 1837 „ 1855:	6°,57

und andere 18jährige Berechnungen ergaben dasselbe Resultat. Interessant jedoch ist eine Berechnung in 19jährigen Perioden, weil sich dadurch wieder ein Wechsel der Temperaturen herausstellt, welcher wenigstens dahin zu deuten scheint, als ob doch wohl der Mondzirkel von Einfluss auf die Temperatur-Aenderung seyn mögte. Die mittlere Temperatur war nämlich:

von 1807 bis 1815:	+ 6°,81
„ 1816 „ 1824:	7°,42
„ 1825 „ 1833:	7°,10
„ 1834 „ 1842:	7°,13
„ 1843 „ 1851:	6°,64

Es gehören unzweifelhaft längere Beobachtungsreihen dazu, als mir zu Gebot stehen, um die Ursache der nachgewiesenen säcularen Erniedrigung der Temperatur zu erforschen. Denn dafs eine solche stattgefunden hat, glaube ich, geht aus meinen sowohl, wie besonders aus den Mittheilungen von Fritsch hervor; und zwar scheint für unsere Gegend die Abnahme der mittleren Luft-Temperatur mit dem Jahre 1836 begonnen zu haben.

Wie ich schon oben angeführt habe, sind es vorzüglich die Winter- und Frühlings-Monate, deren mittlere Wärme sich vermindert hat. Seit dem Jahre 1836 scheinen aber insbesondere die Winter nicht nur kälter geworden, sondern auch von längerer Dauer gewesen zu seyn. Ich erlaube mir deshalb über die Winter noch einige Bemerkungen mitzutheilen.

Die Mittel-Temperatur der drei Winter-Monate Decem-
ber, Januar und Februar war in zehnjährigen Abschnitten:

von 1807 bis 1816:	— 0°,23
„ 1817 „ 1826:	+ 0°,98
„ 1827 „ 1836:	— 0°,18
„ 1837 „ 1846:	— 0°,08
„ 1847 „ 1856:	— 0°,72

Nicht ganz, aber doch theilweise übereinstimmend mit dieser Darstellung der allmählichen Temperatur-Erniedrigung der Wintermonate ist die Zahl, der in jenen Decennien vorgekommenen strengen Winter. Denn wir hatten:

von 1806 bis 1816 4 strenge Winter

„ 1816 „ 1826 3 „ „

„ 1826 „ 1836 4 „ „

„ 1836 „ 1846 3 „ „

„ 1846 „ 1856 6 „ „

Der Begriff eines strengen Winters ist zwar etwas unbestimmt; da jedoch Buek die mittlere Temperatur des Winters zu $+0^{\circ},26$ angenommen hat, und sie auch jetzt wohl nicht unter 0° R. angenommen werden kann, so glaubte ich die Winter, deren Temperatur merklich unter 0° gesunken, oder deren Ueberschuss der Temperatur negativ war, als strenge Winter bezeichnen zu dürfen. Einen etwas bestimmteren Maassstab für die Strenge des Winters würde man erlangen, wenn man allein die negativen Temperaturen zusammenzählt; denn die Summen der Kältegrade (unter 0° R.) des täglichen niedrigsten Thermometerstandes giebt wohl am besten einen Maassstab ab für die intensive Strenge der Winterkälte. Leider ist aber ein grosser Theil des Materials zu dieser Berechnung durch den Hamburger Brand verloren gegangen, und ich besitze solches nur noch vom Jahre 1831 an. Nach diesem scheint auch die Summe der negativen Temperaturen zu steigen; wenigstens macht sich seit dem Jahre 1831 eine beträchtliche Zunahme der Kältegrade bemerkbar. Es ergab nämlich die Zählung der Thermometergrade unter 0° R. im Durchschnitt jährlich für die Winter

von 1831 bis 1840: 249,8 Kältegrade

„ 1841 „ 1850: 328,4 „

„ 1851 „ 1856: 397,4 „

Ebenso scheinen die Winter seit jener Zeit von längerer Dauer gewesen zu seyn. Rechnen wir zwar den Anfang des Winters von dem Zeitpunkte an, wo das Thermometer mehrere Tage nach einander sich selbst am Tage nicht über den Gefrierpunkt erhob, so ist der Anfang sehr veränderlich. Demnach begann der Winter bei uns im November

von 1807 bis 1816: 9 Mal

„ 1816 „ 1826: 8 „

„ 1826 „ 1836: 4 „

„ 1836 „ 1846: 3 „

„ 1846 „ 1855: 8 „

Unter der gleichen Voraussetzung endigte der Winter im März und April:

von 1822 bis 1835: 3 Mal

„ 1836 „ 1845: 6 „

„ 1846 „ 1855: 7 „

Doch haben wir auch in früheren Zeiten Winter erlebt, die schon im November begannen, oder erst im März und April endigten. Bestimmter zeigt sich die längere Dauer der Winter, wenn man die Tage zählt vom ersten Anfange des Winters bis zum Ende desselben, und daraus Mittelzahlen berechnet; nämlich von den Tagen an, wo das Thermometer zuerst nicht über den Gefrierpunkt stieg, bis zu den Tagen, an welchen dasselbe zuletzt stattfand. Jedoch müssen die eigentlichen Frosttage, nämlich solche, an welchen das Thermometer auch am Tage nicht über den Gefrierpunkt stieg, abgesondert berechnet werden. Der zehnte Theil der Gesamtzahl eines Decenniums giebt dann die jährliche Mittelzahl der Länge und der Frosttage des Winters.

	Dauer des Winters,	Zahl der Frosttage.
von 183 $\frac{1}{2}$ bis 184 $\frac{1}{2}$:	64,9 Tage	26,7 Tage
„ 184 $\frac{1}{2}$ „ 185 $\frac{1}{2}$:	85 „	35,8 „
„ 185 $\frac{1}{2}$ „ 185 $\frac{3}{4}$:	131 „	57 „

Aus allen bisher angeführten Beobachtungen und Zusammenstellungen der berechneten Werthe derselben geht

also unzweifelhaft hervor, dafs nicht nur überhaupt die Luft-Temperatur in den letzten Decennien allmählich abgenommen hat, sondern auch dafs die Winter kälter geworden sind, und im Durchschnitt jetzt von längerer Dauer zu seyn scheinen. Wenn aber auch die strengen Winter oft von kürzerer Dauer waren, so kamen in ihnen gewöhnlich weniger, aber lange anhaltende Kälteperioden, und also auch eine gröfsere Zahl an Frosttagen vor, und die Summe der ihnen entsprechenden negativen Temperaturen war sehr bedeutend. Und dadurch zeichneten sich die Winter der letzten Perioden besonders aus.

Eine Aufzählung und Zusammenstellung strenger Winter von Arago¹⁾, scheint schon früher dargethan zu haben, dafs die Häufigkeit der Aufeinanderfolge strenger Winter, und die Wiederholung derselben nach kürzerer Zeit zugenommen habe, obwohl Arago das Gegentheil dadurch hat beweisen wollen. Aber J. Adhémar²⁾ hat nachgewiesen, dafs, wenn man die Zeitdauer berechnet, innerhalb welcher eine bestimmte Zahl, etwa zehn kalte Winter vorgekommen sind, jene um so kürzer wird, als sie sich unserem Zeitalter nähert. Demnach kamen:

von 1392 bis 1594, also in 203 Jahren 10 kalte Winter vor

1595 1716 122

1717 1829 113

1830 1856 26

So schlagend jedoch diese Beispiele für die stets kürzer werdende Wiederholung strenger Winter zu sprechen scheinen, so beweisen sie darum nichts für diese Hypothese, weil wir weder die Principien kennen, nach denen die dort verzeichneten strengen Winter als solche bestimmt wurden; — noch wissen, ob auch alle kalten Winter geschichtlich notirt worden sind. Und dieß ist um so mehr zu bezweifeln, da nach Adhémar's Berechnung von 1717 bis 1829, also in 113 Jahren nur zehn strenge Winter vorgekommen seyn sollen, während in unserer Gegend schon in dem viel

1) *Annuaire des longitudes*, 1834.

2) Die Revolutionen des Meeres. Leipzig 1843.

kürzeren Zeitraume von 1806 bis 1829, also in 24 Jahren gleichfalls zehn kalte Winter vorgekommen sind.

Wenn jene Beispiele auch keinen hinlänglich zuverlässigen Beweis für die zunehmende Häufigkeit der strengen Winter abgeben, so giebt es doch noch einen Umstand, der für die längere Dauer derselben zu sprechen scheint; das ist die zunehmende Wärmeverminderung der Frühlings-Monate März, April und Mai. Ich habe schon oben gezeigt, daß der Frühling von 1807 bis 1824 nach Buek's Berechnung eine etwas höhere Mittel-Temperatur hatte, als der Frühling von 1825 bis 1855. Theilt man aber die ganze Beobachtungsreihe von 1807 bis 1855 in zehnjährige Perioden, so ergibt sich von dem ersten neunjährigen Abschnitt zum zweiten Decennium eine beträchtliche Zunahme der Wärme, von 1826 ab jedoch eine fortschreitende Abnahme derselben. Die mittlere Temperatur der Frühlings-Monate war nämlich:

von 1807 bis 1815:	+ 7°,22
„ 1816 „ 1825:	7°,04
„ 1826 „ 1835:	6°,91
„ 1836 „ 1845:	6°,12
„ 1846 „ 1855:	5°,77.

Diese zunehmende Temperatur-Erniedrigung des Frühlings beweist, daß der Winter mehr und mehr hineinragt in die Frühlings-Monate, also offenbar von längerer Dauer geworden zu seyn scheint. Noch deutlicher ergibt sich dies, wenn man nur die negativen Temperaturen der Monate März und April zählt, und sie auf die einzelnen Jahre vertheilt; so ist die jährliche Mittelzahl der Kältegrade

von 1832 bis 1841:	38
„ 1842 „ 1851:	57,4
„ 1852 „ 1856:	95,1.

Die letzte sehr beträchtliche Zahl ist allerdings wohl zu hoch, und wird durch Hinzurechnen der folgenden Jahre bedeutend vermindert werden. Dessenungeachtet zeigen jene Zusammenstellungen nicht nur, daß der Frühling überhaupt kälter geworden ist, sondern, die letzte vorzüglich, daß

auch wirklich die Zahl der negativen Temperaturen im Zunehmen begriffen ist, daß also der Winter sich immer mehr in die Frühlings-Monate hinein ausdehnt. Natürlich steht auch damit in Verbindung die Zunahme der Wintertage im März und April, d. h. solcher Tage, an denen das Thermometer auch am Tage nicht über den Gefrierpunkt stieg. Nach den in meinem Besitz befindlichen Tabellen kamen im März und April in folgenden Jahren Wintertage vor, nämlich:

1832	im März	1	Wintertag	
1833	"	2	"	
1837	"	9	"	im April 4 Wintertage
1838	"	—	"	" 1 " " "
1839	"	5	"	
1841	"	2	"	
1843	"	3	"	
1845	"	22	"	
1847	"	5	"	
1848	"	2	"	
1850	"	6	"	
1851	"	6	"	
1852	"	3	"	" 1 " "
1853	"	21	"	
1855	"	12	"	
1856	"	6	"	

Ich glaube also, daß sämtliche bisher angeführten That-
sachen hinlänglich dafür sprechen, daß unser Klima kälter
geworden ist, d. h., daß die Temperatur der Luft zwar
allmählich und mit Unterbrechungen, im Ganzen aber eine
fortschreitende Erniedrigung erlitten hat. Die Ursache die-
ser fortschreitenden Temperatur-Abnahme ist noch nicht
aufgeklärt; doch ist sie vorzüglich dem Kälterwerden des
Winters und der zunehmend längeren Dauer desselben zu-
zuschreiben. Mögen diese Mittheilungen als ein Beitrag zu
correspondirenden Beobachtungen nachsichtsvoll aufgenom-
men werden; da ich die meinigen nur deshalb mitgetheilt
habe, weil ich glaube, daß allein das Zusammentragen

vieler Beobachtungen von verschiedenen Orten zur Aufklärung jener Erscheinung dienen kann.

Hamburg, im April 1856.

XIV. Ueber einige elektrische Meteore; von Dr. J. Schneider in Emmerich.

Ich erlaube mir im Nachfolgenden aus meinem Reisejournal einige ältere Beobachtungen mitzutheilen, die ich, sowohl ihrer Seltenheit als ihrer offenbaren Beziehungen zu bekannteren Erscheinungen wegen, der Kenntniß der Meteorologen nicht vorenthalten zu dürfen glaube ¹⁾.

I.

An einem sehr heißen Junitage des Jahres 1842 befand ich mich auf den Gebirgen der linken Moselseite, in dem Dorfe *Herforst* (Kreis Bitburg, Regierungsbez. Trier), von wo aus ich kurz nach Mitternacht meine Reise fortzusetzen gedachte. Als ich des Nachts gegen 1 Uhr, um die Witterung zu erkunden, vom Fenster meiner Schlafstube aus das Firmament musterte, bemerkte ich etwa 56° über dem Horizonte einen lichten Schein, der mir sogleich auffiel und zu näherer Betrachtung aufforderte; ich sah an dem völlig klaren wolkenlosen Himmel ein leuchtendes Häufchen feinen zusammengeballten Nebels von rundlicher Form; diese leuchtende Nebelscheibe, welche ihre Stelle nicht veränderte, hatte den doppelten scheinbaren Durchmesser des Mondes, und strahlte mit weißlichem Lichte, dessen Stärke

1) Vorstehender Bericht bildete bereits vor mehreren Jahren einen Theil einer Gelegenheitschrift, die äußerer Umstände halber damals nicht zur Oeffentlichkeit kam; derselbe erscheint hier auf's Neue und in einer dieser Zeitschrift angemessenen Form redigirt.

das Licht der Milchstraße nur wenig übertraf. Wenn mir das Selbstleuchten dieses kreisförmigen Nebelhäufchens auffallend genug war, so wurde meine Aufmerksamkeit noch viel mehr durch den Umstand rege, daß sich in dem Innern der Nebelscheibe eine fortwährende Bewegung kundgab, indem einzelne verdichtete Theile rasch sich vom Centrum nach der Peripherie hin bewegten, ja diese öfters um ein Viertel des Durchmessers überschritten, so daß das Ganze ein sternförmiges Ansehen erhielt, (Fig. 19 Taf. III) das jedoch durch langsames Zurückgehen der früheren und Hervorschießen neuer Strahlen einem fortwährenden Wechsel unterworfen war ¹⁾). Nachdem ich dieses geheimnißvolle Leben und Regen innerhalb des Lichtwölkchens eine sehr geraume Zeit beobachtet, nahm ich gegen 2½ Uhr des Morgens am westlichen Horizonte drei deutliche Blitze war, die jedoch von den gewöhnlichen in so fern abwichen, als sie nicht den bekannten grelleuchtenden Zickzackstrahl, sondern eine plötzlich auflodernde flammenartig geschwungene Erleuchtung bildeten, welche sich in Zwischenräumen von wenigen Minuten, ohne alles Geräusch wiederholte und wobei der ganze Himmel eben so völlig wolkenlos blieb, wie während der ganzen verflossenen Nacht. Ich verlor unterdeß noch mehr als eine Stunde die Erscheinung des in steter Formänderung begriffenen Lichtnebels nicht aus dem Auge, bis mich mein Weg in einen dichten Wald führte, den ich erst gegen halb 7 Uhr des Morgens verließ. Als ich wieder einen freien Horizont gewonnen und mich nach der nächtlichen Erscheinung umsah, bemerkte ich an der Stelle ein ganz unregelmäßig gestaltetes, vielfach gewundenes und zerrissenes Wölkchen, das hell in den Strahlen der Morgensonne erglänzte, und, als das einzige Gebilde der Art, an dem noch immer völlig heiteren Firmamente bis gegen 8 Uhr, wo ich meine Aufmerksamkeit andern Gegenständen zuwandte, regungslos am Himmel beobachtet wurde.

Wenden wir uns einigen theoretischen Betrachtungen

- 1) Das eigenthümliche Hervorschießen der Strahlen könnte am Besten mit dem ähnlichen Vorgange beim Nordlichte verglichen werden.

über die beschriebene Erscheinung zu, so deuten zunächst jene blitzartigen Erleuchtungen auf eine beträchtliche *Störung des elektrischen Gleichgewichts in der Atmosphäre* hin. Blitze ohne Donner sind öfters beobachtet worden; weniger häufig sind diese Blitze bei völlig heiterm Himmel, wie in unserm Falle, und ich bin der auch sonst wohl schon ausgesprochenen Ansicht ¹⁾, daß in solchen Fällen die Ausgleichung der Elektricitäten — etwa wie beim St. Elmsfeuer — auf eine weniger energische und mehr allmähliche Weise vor sich geht, als dies bei den kräftigern von Donner begleiteten Blitzen zu geschehen pflegt ²⁾; daher auch die von dem gewöhnlichen Zickzackstrahle abweichende mehr diffuse Form ³⁾. Da hiernach nun eine Störung des elektrischen Gleichgewichts in der Atmosphäre durch das beobachtete blitzartige Aufleuchten hinreichend bestätigt ist, so liegt die Versuchung nahe, in dem beschriebenen leuchtenden Nebelwölkchen eine starke Anhäufung von Elektricität zu erkennen, welche sich als Substrat die in der Atmosphäre zerstreuten Wasserdünste ansammelte, und bei großer Anhäufung leuchtend zeigte. Hiebei müssen wir an die ähn-

1) Musschenbroek, *Introd. ad Philos. nat. T. II, p. 1075.*

2) Als mitwirkende Ursache dieser allmählichen Entladungen bin ich im vorliegenden Falle geneigt, die Beschaffenheit der Atmosphäre anzusehen: nach einem sehr heißen Tage mußte diese stark mit Wassergas angefüllt seyn, das sich nach Sonnenuntergang in äußerst feinen Dünsten niederzuschlagen begann, die zwar die Luft nicht merklich trübten, jedoch ihre Leitungsfähigkeit bedeutend erhöhten, so daß bei hinreichend starker Ladung eine diffuse Ausgleichung erfolgen mußte. Aehnlich spricht sich Matteucci aus, *Bibl. univ. T. XLII, p. 9.*

3) Die eigenthümliche Form dieser Blitze dürfte zwischen dem durch die isolirende Luft gehenden compacten Funken und zwischen dem im luftleeren Raum völlig zerstreuten elektrischen Lichte in der Mitte stehen: sowie sich der aus dem Conductor hervorgehende Funke dem gewöhnlichen Zickzackblitze, wie sich der Lichtbüschel am Ende einer angebrachten Spitze dem St. Elmsfeuer, und wie sich der Lichtfächer im luftverdünnten Raume dem Nordlicht ähnlich darstellt, so zeigt auch das flammenartig sich hinschlängelnde Licht, welches ohne Geräusch wahrgenommen wird, wenn man einen recht starken Funken auf eine Harztafel schlagen läßt, eine auffallende Aehnlichkeit in der Form mit jenen lautlosen Blitzen.

lichen Vorgänge beim Nordlichte erinnern, das ebenfalls in der Regel in Verbindung mit feinen Nebeldünsten oder dünnen Federwölkchen auftritt, selbst dann, wenn der ganze Himmel, wie in unserm Falle, sonst völlig klar erscheint¹⁾; diese feinen Wölkchen werden zuweilen noch längere Zeit nach dem Verschwinden des Nordlichts am Himmel beobachtet, gerade wie bei unserem Phänomen der kreisförmige Nebel am Morgen in die unregelmäßige Form eines gewöhnlichen Wölkchens sich aufgelöst hatte²⁾. Auch die eigenthümliche Bewegung im Innern der Nebelscheibe, das Zucken und Hervorschiesen von Strahlen, stimmt mit den bekannten Vorgängen beim Nordlichte sehr überein. Wollte man hiernach unsere Erscheinung ohne Weiteres den Nordlichtern beizählen, so könnten wir dieser Ansicht kein anderes Bedenken entgegenzusetzen, als die ungewöhnliche Höhe des Phänomens über dem Horizonte, und seine im Uebrigen von den Nordlichtern abweichende Form³⁾. So lange wir jedoch einerseits noch zu keiner allseitig entschiedenen

1) Schon Musschenbroek a. a. O. redet von dem Vorhandenseyn solcher feinen Wvoken, indem er angiebt, daß sie oft das Nordlicht begleitend sich von N. nach S. bewegen, oder nach dem Verschwinden desselben am Himmel sichtbar werden. Die Begleiter Franklin's auf der Reise an den Nordküsten Amerika's versichern wiederholt, daß das Erscheinen des Nordlichts in der Regel mit der Anwesenheit feiner Wölkchen verbunden sey, wenn auch der übrige Theil der Atmosphäre völlig klar erscheine; auch erwähnt Richardson bei dem Nordlichte vom 13. December 1820 sehr feiner Wölkchen am Himmel, welche wiederholt ein schwaches orangefarbenes Licht ausströmen ließen. Ebenso wurden am 9. September 1827 zu Canonmills nach Mittag sehr dünne Flockenwolken gesehen, aus denen ein schwaches Licht auströnte und in eigentlichen Strahlen aufschofs. Vergl. auch die Berichte von Farquharson, Thienemann u. A. bei Gehler phys. Wvörterb. Bd. VII, S. 201 ff.; ebenso Hansteen in d. *Mém. de l'Acad. de Belg.* XX.

2) So beobachtete Pringle am 26. Jan. 1848 gegen 10 Uhr Abends ein schönes Nordlicht, das sich später in einen milchweißen Nebel auflöste. *Philos. Mag.* XXXII, p. 232; und v. Wrangel (Phys. Beobacht. S. 57) sagt, daß die Strahlen des Nordlichts zuweilen weißliche Wvoken hinterließen, die am folgenden Tage noch sichtbar blieben.

3) Die Anwendung eines wichtigen Prüfungsmittels — die Beobachtung der Magnetrnadel — war mir leider nicht vergönnt.

Theorie der Nordlichter gelangt sind, und so lange wir uns anderseits über den *Ursprung der Lufterlektricität* noch in einem tiefen Dunkel befinden, würde jede weitere Discussion in dieser Richtung nur zu eingebildeten Resultaten führen; und daher begnügen wir uns, falls die Erscheinung allein der Wirkung elektromagnetischer Kräfte zuzuschreiben ist, auf den Zusammenhang der letztern mit meteorologischen und elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre, wie sie durch die Condensation der Wasserdämpfe und jene blitzartigen Entladungen zu Tage treten, kurz hingewiesen zu haben.

II.

Die zweite hier zu betrachtende Erscheinung ist folgende:

Auf einer Reise in Holland, am 5. Juli 1845, nach einem sehr heißen Tage des Nachmittags gegen 6 Uhr, wurde ich in der Nähe der Stadt *Nymwegen* von einem sehr heftigen Gewitter überrascht, das von einem starken Hagelschauer begleitet war. Nachdem sich das Wetter abgekühlt und die Luft wiederum klar geworden, beobachtete ich vom rechten Waalufer aus das Firmament und bemerkte jenseits der Waal nach Süden hin hinter dem Hügelzuge, worauf die Stadt *Nymwegen* liegt, noch eine Gewitterwolke, die von Südosten nach Nordwesten zog, und hinter welcher ein ferner Donner hörbar war. Von dieser Wolke, als Mittelpunkt am Horizonte, breitete sich eine *fächerförmige Figur* fast über die Hälfte des ganzen Firmaments aus (Fig. 20 Taf. III): der Himmel war nämlich ursprünglich mit einem feinen Nebelschleier (herrührend von dem durch plötzliche Abkühlung erfolgten Niederschläge des in der Luft aufgelösten Wassergases), wie es nach Gewittern öfters zu geschehen pflegt, ganz überzogen. Dieser feine Dunstschleier zeigte sich *beinahe in einem Halbkreise um die oben genannte Wolke völlig verschwunden*, so daß an diesem Theile das blaue Firmament sichtbar war; und an dieser Stelle als Mittelpunkt gingen nach verschiedenen Richtungen *zahlreiche*

Strahlen aus, die dadurch entstanden, daß auch hier der Nebeldunst verschwunden, und das dahinter befindliche Blau des Firmaments zum Vorschein kam, so daß also die ganze strahlige Figur durch das in der bezeichneten Weise hervortretende blaue Firmament gebildet wurde, während der ganze übrige Theil von jenem grauen Nebelschleier, in welchem die besagte Figur sich gleichsam ausprägte, bedeckt blieb. Die Streifen reichten aus der Nähe des Horizonts noch einige Grade bis über das Zenith hinaus; sie waren an den Seiten geradlinig begränzt, und an den Rändern zeigte sich eine stärkere Anhäufung des Nebeldunstes ¹). Das ganze Phänomen dauerte von dem Zeitpunkte an, wo ich es zuerst beobachtete, etwa 10 Minuten; eine Lichterscheinung war damit nicht verbunden.

Ogleich die Convergenz der Strahlen nach dem Mittelpunkt der Wolke nur als Folge der Perspective zu betrachten ist, so spricht sich doch der innige Zusammenhang Beider ganz entschieden dadurch aus, daß *mit dem allmählichen Fortrücken der Wolke auch die Strahlen ihren Ort entsprechend veränderten*, indem sie aus der Stellung von Süden nach Norden nach und nach in die von Südwest nach Nordost übergingen; und hieran knüpft sich ohne Zwang die nachfolgende Erklärung des Phänomens. Die in der Gewitterwolke stark angehäuften *Elektricität*, welche zunächst keinen Gegenstand fand, auf den sie sich in der Form des gewöhnlichen Blitzes entladen konnte ²), strömte demnach frei in den Luftraum aus, und bezeichnete ihren Weg in der Atmosphäre dadurch, daß sie, jene feine Nebelschicht durchbrechend, die Dunsttheilchen mechanisch

- 1) Der Eindruck war ganz der, wie wenn man etwa auf einer mit Sand bestreuten Tafel von einem Punkte aus mit dem Finger Linien zieht, wodurch der Sand an den berührten Stellen weggeschoben wird, so daß durch Hervortreten der Tafelfläche an den leeren Stellen eine strahlige Figur entsteht, an deren Rändern der Sand sich ebenfalls angehäuft hat.
- 2) Daß hierbei auch die durch die Anwesenheit von Wasserdünsten erhöhte Leitungsfähigkeit der Luft, sowie insbesondere die relative Stärke und Gleichmäßigkeit in der fortgesetzten Ladung der Wolke mitwirkende Ursachen seyn können, darf nicht unerwähnt bleiben.

zur Seite schob und leere Streifen darin erzeugte, hinter denen die gewöhnliche Färbung des Firmaments erschien, genau so, wie die auf eine mit feinem Pulver bestreute Glastafel aufgetragene Elektricität ihren Weg auf der Tafel durch die von Pulver leeren Stellen bezeichnet ¹⁾). Diese Uebereinstimmung mit den sogenannten elektrischen Staubfiguren giebt sich auch dadurch kund, daß zunächst am Sitze der Elektricität, nämlich um die geladene Wolke her, ein von Dünsten leeres Segment sich zeigte, von dem aus erst die Strahlen sich nach den verschiedenen Seiten hinzogen, gerade so, wie auf der mit Pulver bestreuten Tafel am Uebergangspunkte der Elektricität ein rundlicher leerer Fleck entsteht, aus dessen Peripherie die Strahlen nach den verschiedenen Richtungen ausbrechen.

Die Aehnlichkeit des ganzen Phänomens aber mit einem andern Meteore, dem *Nordlichte*, tritt um so mehr hervor, als wir annehmen dürfen, das jene dunstlosen Streifen, welche den durch die Atmosphäre genommenen Weg der Elektricität bezeichnen, bei Nacht oder in der Dämmerung sich leuchtend dargestellt haben würden, wobei wir an einzelne Fälle erinnern, wo bei Gewittern solche nordlichtartige Säulen, selbst Bögen, wahrgenommen worden sind ²⁾); insbesondere erinnert uns das vorerwähnte Segment der Gewitterwolke unwillkürlich an das dunkle von einem lich-

1) Daß Gewitterwolken öfters fast ohne Unterbrechung Lichtstrahlen ausenden, ist durch vielfache Beobachtungen erwiesen; auch ist nicht zu bezweifeln, daß diese Lichtströme von der aus der Wolke durch die Luft sich zerstreuen Elektricität herrühren, gleichwie aus einem stark geladenen Conductor im Dunkeln Lichtstrahlen ausgehen, wenn sich kein Gegenstand in der Schlagweite befindet, um Funken daran abgeben zu können.

2) Gebler a. a. O.: »Ich habe im November 1824 eine dem Nordlichte vollkommen gleiche Lichtsäule am östlichen Theile des Himmels gesehen, wo sie mindestens 30 Minuten unverrückt stand, und gewiß für dieses Meteor gehalten worden wäre, wenn nicht die genau östliche Richtung dieses zweifelhaft gemacht hätte, worauf sich dann am folgenden Tage ergab, daß es nichts weiter als ein nahe 8 Meilen entferntes starkes Gewitter gewesen war.« Muncke a. a. O. Vergl. auch Arago's Abhandlung vom Donner und Blitz.

ten Bogen begränzte Segment beim Nordlichte, aus dessen Peripherie gleichfalls die nach dem Zenith aufschiefsenden Strahlen hervorgehen. Ein zu beachtender Unterschied in der Constitution beider Erscheinungen giebt sich jedoch dadurch kund, dafs bei dem *Gewitterphänomen* die Strahlen, welche den Weg der Elektricität bezeichnen, völlig *dunstfrei* sind, und durch eben diesen Umstand die fächerförmige Figur zum Vorschein kommt, während beim Nordlichte die erregende Kraft die atmosphärischen Wasserdünste *ansammelt*, und diese so dem leuchtenden Phänomen als *Substrat* zu dienen pflegen ¹⁾.

Hiernach beschränkt sich die nothwendige Unterscheidung zwischen den Gewitterlichtstrahlen und den Nordlichtstrahlen, die man ihrer allgemeinen Uebereinstimmung wegen zuweilen für gleichen Ursprungs gehalten, nicht blofs auf die Verschiedenheit der erregenden Kräfte beider Phänomene (von denen das erstere auf die atmosphärische Elektricität, das andere auf elektromagnetische Kräfte der Erde zurückgeführt wird), sondern tritt auch in der jedesmaligen Constitution derselben hervor; und ich habe zu wiederholten Malen eine mit den genannten Erscheinungen viele Aehnlichkeit darbietende Configuration der atmosphärischen Nebeldünste wahrgenommen; auf welche sich die erwähnte Unterscheidung in der Bildungsweise gleichfalls anwenden läfst. So beobachtete ich im Juni 1846 nach einem sehr heifsen Tage kurz vor Sonnenuntergang in der Nähe von *Xanten* (Kreis Cleve, Regierungsbez. Düsseldorf) am östlichen Horizonte eine dunkle Wolkenmasse, von welcher sich dieselben dunstleeren Streifen, wie in dem erstbeschrie-

- 1) Dieser beachtenswerthe Unterschied dürfte in nachfolgendem Versuche, wenn auch keinen Erklärungs-, doch einen Vergleichungspunkt finden: Bestreut man eine Glastafel mit feinem Pulver, und läfst Elektricität aufschlagen, so wird der Weg der Elektricität durch die von Pulver *leeren* Stellen bezeichnet (entsprechend den Strahlen der Gewitterwolke); läfst man aber zuerst Elektricität auf die Tafel aufschlagen, und streut hierauf das Pulver, so wird der Weg der Elektricität durch die von Pulver *erfüllten* Stellen bezeichnet (entsprechend den Strahlen des Nordlichts).

benen Falle, nur von geringerer Länge, in den das übrige Firmament bedeckenden Nebeldünsten ausbreiteten; auch wurde ein dem Fortschreiten der Wolken entsprechendes Fortschreiten der Strahlen deutlich wahrgenommen. Verschieden dagegen hiervon sind die Wolkenstreifen, welche durch ihre Regelmäßigkeit in der Form und Lage am Himmel auffallen und zuweilen schon bei Tage die Anordnung der später erscheinenden Nordlichtstrahlen angeben. Solche Wolkenstreifen, die nach einem dunstleeren Theile des nord-westlichen Horizontes scheinbar convergiren, sah ich im September 1850 vom Meeresdamm bei *Ostende* aus, und in noch ausgebildeterer Form beobachtete ich im August 1855 das Phänomen bei *Emmerich*, wo die sehr regelmässig gebildeten Wolkenstreifen vom Zenith aus nach einem wolkenleeren Theile des nordöstlichen Horizontes convergiren. In beiden letztgenannten Fällen wurde eine Bewegung der Streifen nicht wahrgenommen; dagegen zeigen die von A. v. Humboldt beschriebenen Polarstreifen¹⁾, die mit den beiden letztern Phänomenen zusammengehören, „ein Hin- und Herschwanken oder zu anderer Zeit ein allmähliches Fortschreiten des Convergenzpunktes“, und das Bedenken, welches A. v. Humboldt dagegen erhebt, daß dieses Fortbewegen der Streifen etwa atmosphärischen Luftströmungen zuzuschreiben sey, dürfte wesentlich verstärkt werden durch Vergleichung mit den oben angeführten Fällen, wo das Fortschreiten der Streifen bei Gewittern als Folge des Fortbewegens der Wolke direkt beobachtet worden ist.

Als Endresultat glauben wir aus den bisherigen Beobachtungen folgende allgemeine Schlüsse rechtfertigen zu können:

1. Es finden nicht bloß elektromagnetische Strömungen von den Polen nach dem Aequator statt, sondern es giebt auch Fälle, in welchen entsprechende elektrische Ausströmungen aus Gewitterwolken statthaben.

2. Die elektromagnetischen Ausströmungen sammeln und verdichten die in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdünste

1) *Kosmos*, Bd. I, S. 202 u. 441.

und die jedesmalige *Configuration* dieser *Dunstmassen* bezeichnet den *Weg* des elektromagnetischen Fluidums; die *elektrischen* Strömungen bei Gewittern dagegen *schieben* die atmosphärischen Nebeldünste zur Seite und die *dunstleeren Stellen* bezeichnen den *Weg* des elektrischen Fluidums.

3. Die eigenthümlichen *Formen*, in welchen sich die *elektromagnetischen* Ausströmungen kund geben, stimmen in den Hauptumrissen — *einem Segment nebst peripherischen Strahlen* — mit denen der *elektrischen* Strömungen der Gewitter überein.

4. Die elektromagnetischen, wie die elektrischen Ausströmungen sind mit einer *Lichtentwickelung* verbunden, die meist nur in der *Dunkelheit*, seltner bei Tage wahrgenommen wird; dagegen wird ihr Daseyn bei Tage stets durch die *eigenthümlichen Configurationen* in den Nebeldünsten der Atmosphäre angezeigt.

XV. Ueber die am 3. Februar d. J. gesehene Feuerkugel; von Prof. Dr. Heis in Münster.

Am Abende des 3. Februars d. J. wurde gleichzeitig an vielen Orten Deutschlands, der Schweiz, Frankreichs, Belgiens, Hollands und Englands eine *prachtvolle Feuerkugel* wahrgenommen. Die verschiedenen Blätter des In- und Auslandes gaben Kunde von dem weit verbreiteten Meteor; jedoch waren die Angaben über den Weg, den dasselbe am Himmelsgewölbe wahrgenommen hatte, meist unbestimmt. Auf meine schriftliche Anfrage erhielt ich bereitwillig von verschiedenen Seiten Auskunft über die das Meteor begleitenden Umstände, von Cöln, Aachen, Neunkirchen, Meisenheim, Kreuznach, Mannheim und Zürich. Nach den verschiedenen Berichten, die ich gesammelt habe, wurde unter andern das Phänomen gesehen, a) in *Deutschland* in

Lübbecke bei Minden ($26\frac{1}{2}^{\circ}$ Oestl. L., $52\frac{1}{2}^{\circ}$ Nördl. Br., dem äußerst nördlichen und östlichen Punkte) in Detmold, Bielefeld, Münster und Umgebung, in Aachen, Köln, Birkenfeld im Siegkreise, im Aarthale, in Ems, Trier, Neunkirchen bei Saarbrücken, Meisenheim, Kreuznach, Frankfurt, Darmstadt, Mannheim, Bretten, Karlsruhe, Stuttgart, Rottweil, Sulz, Ulm, Lindau am Bodensee ($27\frac{1}{2}^{\circ}$ Oestl. L., $47\frac{1}{2}^{\circ}$ N. Br. dem äußersten südlichen und östlichen Punkte); *b) in der Schweiz* in Glarus, Bern, Zürich, Genf (24° Oestl. L., 46° Nördl. Br., dem südlichsten Punkte); *c) in Frankreich* in Dijon, Niederbrunn im Elsass, Auxerre, Angers (17° Oestl. L., $47\frac{1}{2}^{\circ}$ Nördl. Br., dem äußersten südlichen und westlichen Punkte), in Vitry, Saint-Dié in den Vogesen, Laon, Provinz, Rouen, Havre, Lille, Paris; *d) in Belgien* in Namur, Verviers, Brüssel; *e) in Holland* in Helder, Stedum; *f) in England* in Harborough in der Grafschaft Leicester¹⁾ (17° Oestl. L., $52\frac{1}{2}^{\circ}$ Nördl. Br., dem nördlichsten und westlichsten Punkte).

Die äußersten Orte, von denen aus das Meteor wahrgenommen wurde, Lübbecke, Detmold, Ulm, Lindau, Genf, Angers und Harborough liegen, wie der Anblick einer Karte zeigt, nahezu auf einer Kreislinie von 120 geographischen Meilen Durchmesser. Es umschliesst dieser Kreis aber eine Länderfläche von mehr als 11300 Quadratmeilen.

Die Zeit der Erscheinung war 8 Uhr 26 Min. mittlerer Münsterer oder 8 Uhr 5 Min. mittlerer Pariser Zeit.

Das Meteor glich bei dem ersten Erscheinen einer grossen Sternschnuppe, nahm dann, indem es sich stofsweise und in Absätzen fortbewegte, an Helligkeit und Grösse zu und entwickelte zuletzt einen solchen intensiven Glanz, dass es durch die Beleuchtung weit und breit auch die kleinsten Gegenstände deutlich erkennen liess. Unter Funken sprühen, wobei sich kleine Feuerballen trennten, erlosch das merkwürdige Phänomen, indem es gleichsam verbrannte. Deutliche Spuren des zurückgelegten Weges liess dasselbe durch einen breiten längere Zeit andauernden, blassen

1) Nach dem Standard.

Schweif erkennen. Die Farbe der Feuerkugel selbst war anfangs weifs, zuletzt kurz vor dem Verschwinden roth, nach der Seite des Schweifes zu erbleichend. Die Zeitdauer der Erscheinung wird von Paris und Aachen aus übereinstimmend zu 4 Sekunden angegeben. Die scheinbare Gröfse des Meteors wird von verschiedenen Beobachtern verschieden, meist übertrieben angegeben. Von Paris und Aachen aus, welche dem Heerde der endenden Erscheinung ziemlich nahe lagen, wird von zwei zuverlässigen Beobachtern Dieu und H. Sternberg übereinstimmend der Durchmesser zu einem halben Monddurchmesser oder 15 Minuten angegeben; von Münster aus erschien derselbe bedeutend kleiner.

Die Richtung, nach welcher das Phänomen von verschiedenen Orten aus gesehen wurde, wird verschieden angegeben. Nahe im Zenith sah dasselbe Bern (zu Anfange der Erscheinung), in Norden Genf und Bern (zu Ende der Erscheinung), gegen Osten Augers und Paris, gegen Westen Carlsruhe, Neunkirchen, gegen Süden Münster, Detmold (zu Anfange der Erscheinung).

Ich versuchte es, aus den mir zu Gebote stehenden scheinbaren Bahnen der an mehreren Orten gesehenen Sternschnuppe die wahre Bahn zu bestimmen. Zur Berechnung derselben wandte ich die *Constructions-methode* an, deren ich mich sehr häufig zur Bestimmung der wahren Bahn der *Sternschnuppen* bei correspondirenden Beobachtungen bedient habe. Ich wende hierzu eine dreifsigzöllige hölzerne Himmelskugel an, die vollkommen rund abgedrechselt und von mir sorgfältig von Grad zu Grad eingetheilt ist, so dafs ich bequem Viertelgrade des Aequators ablesen kann, auf welche ich mit Sorgfalt die Sterne aufgetragen habe. Mit einem tasterförmig eingerichteten Zirkel beschreibe ich grösste Kreise, bestimme auf der Kugel, wenn sie für eine bestimmte Zeit auf eine bestimmte Polhöhe eingesetzt ist, Azimuth und Höhe jedes Punktes desselben, mache überhaupt auf der Oberfläche mit Hülfe eines gekrümmten Lineals alle Zeichnungen mit zugespitztem festem Krems-

weißt, wie man sie sonst auf einer Ebene zu machen pflegt. Bei den mehr oder minder mit Fehlern behafteten Angaben des scheinbaren Berechnens der Sternschnuppen scheint mir die *Constructionsmethode* vollkommen hinreichend und verdient vor der obgleich mathematisch genaueren Bessel'schen *Berechnungsmethode* ¹⁾ in so fern Beachtung, daß sie rascher zum Ziele führt, daß sie für das Auge bald entscheidet, ob die zur Berechnung angeführten Daten den gehörigen Grad von Genauigkeit besitzen, oder ob die, an zwei Orten zwar in demselben Zeitmomente gesehenen Sternschnuppen, dennoch verschiedenen Sternschnuppen angehören ²⁾. Zur Entscheidung der letztern Frage lasse ich mich durch den folgenden Satz leiten. Denke ich mir von dem einen Beobachtungsorte M nach dem anderen M' eine Gerade MM' gelegt, welche in der Verlängerung einen gewissen Punkt C des Himmelsgewölbes (mehr oder weniger tief unterhalb des Horizontes) trifft, so muß dieser Punkt C des Himmelsgewölbes mit den von den beiden Orten M und M' aus gesehenen Anfangspunkten a und a' der scheinbaren Bahnen sowohl, als mit den Endpunkten e und e' für sich in größten Kreisen liegen, d. h. Caa' und Cee' müssen größte Kreise seyn. Der Beweis dieses Satzes ergibt sich leicht, wenn man nur beachtet, daß die Geraden Ma und $M'a'$ sich im Punkte A , dem Anfangspunkte der wahren Bahn AE , sowie Me und $M'e'$ sich im Punkte E , dem Endpunkte der wahren Bahn, schneiden, daß also MM' , Ma und $M'a'$ in einer Ebene liegen.

Verlängert man die auf die Himmelskugel aufgezeichneten Bahnen ea und $e'a'$ rückwärts (über a und a' hinaus), so ist der Durchschnittspunkt r derjenige Punkt des Him-

1) S. astronomische Nachrichten Bd XVI, No. 380.

2) Am 9. August 1848 wurde in Breslau von Reich eine Sternschnuppe erster Größe um 13 Uhr 15 Min. 29 Sec. beobachtet, welche von Mirach Andromedae nach Sirrah Pegasi ging; in Bonn (39 Min. 45,5 Sec., in Zeit, Meridiandifferenz von Breslau) beobachtete Schmidt um 12 Uhr 35 Min. 47,4 Sec. eine Sternschnuppe zweiter Größe, welche von O. nach VV. ging und im Schwan endete, die aber mit jener nicht identisch war.

melsgewölbes, von dem aus die Feuerkugel oder Sternschnuppe zu uns gelangte. Dieser Durchschnittspunkt r muß, wie sich leicht aus der Natur der Sache ergibt, wirklich auf den Verlängerungen von ea und $e'a'$ befinden, darf aber nicht unterhalb des Horizontes liegen, wenn die künstliche Himmelskugel gehörig eingestellt worden ist. Sind endlich drei Beobachtungen gegeben, die an drei verschiedenen Orten M , M' , M'' , angestellt worden sind und welche ein und derselben Sternschnuppe angehören, etwa ea , $e'a'$, $e''a''$, so müssen diese drei Bahnen rückwärts verlängert in denselben Punkt r treffen ¹⁾. Von Aachen aus war mir durch briefliche Mittheilung eines zuverlässigen Beobachters, des Hrn. H. Sternberg, genau die Bahn angegeben worden, welche die Feuerkugel daselbst unter den Sternen beschrieben hatte; sie ging aus der Nähe des Sirius durch den südlichen Theil des großen Hundes, und zwar von einem Punkte, der 98° Rectascension und 13° südl. Declination hat bis zu einem Punkte von 52° Rectascension und 20° südlicher Declination. Von Münster aus erschien der Anfang der Bahn der sich im Eridanus bewegendes Feuerkugel bei 85° Rectascension und 20° nördlicher Declination, das Ende bei 43° Rectascension und 25° südl. Declination. Mit diesen beiden Beobachtungen, welche unter einander gut stimmten, konnte ich aber eine dritte Pariser Beobachtung von Coulvier-Gravier nicht in Uebereinstimmung bringen, welcher die Feuerkugel von α im Orion nach Delta im gr. Löwen sich will bewegen gesehen haben ²⁾.

Ein freundliches Schreiben des bekannten Planetenentdeckers Hermann Goldschmidt theilte mir die durch die *Compt. rend. du 4. février* veröffentlichte Beobachtung des Hrn. Dieu mit, nach welcher derselbe die Feuerkugel

1) Diese Bedingnis erfüllen nicht die drei am 7. October 1824 in Breslau, Neisse und Gleiwitz gleichzeitig beobachteten hellen Meteore (No. 43), welche Brandes für identisch hält; ebenso nicht die unter No. 50 aufgeführten drei in Neisse, Mirkau und Gleiwitz Tages darauf beobachteten hellen Sternschnoppen. Astr. Nachr. Bd. XVI.

2) *Cosmos, revue encyclopédique*. Feb. 15.

Poggendorff's Annal. Bd. XCVIII.

vom Kopfe der Wasserschlange bis in die Nähe der Sterne Eta und Gamma im Löwen gesehen hat. Ein anderer Beobachter, Hr. Basse-Bergier, Assistent der Pariser Sternwarte, giebt an, daß die Bewegung der Feuerkugel sowohl als des Schweifes, vollkommen *horizontal* gewesen sey. Der Anfangspunkt von 130° Rectascension $+ 2^{\circ}$ Declination und der Endpunkt 149° Rectascension und $+ 18^{\circ}$ Declination, paßt sowohl zu der Aachener als zu der Münsterer Beobachtung. Meine Muthmaßung über die Unrichtigkeit der von Coulvier-Gravier gelieferten Beobachtung fand ich somit völlig gerechtfertigt.

Der Umstand, daß Paris das Meteor von der Rechten zur Linken, Aachen dagegen dasselbe von der Linken zur Rechten sich bewegen sah, deutet darauf hin, daß sich das Meteor nach einer Gegend zwischen Paris und Aachen bewegt habe. Das Resultat der mit Hülfe der 30zölligen Himmelskugel geführten Untersuchung war folgendes. In einer Höhe von 30 geographischen Meilen über dem Furca und St. Gotthard, über den Rhonegletschern und den Quellen des Rheines begann das Meteor seine Sichtbarkeit. Senkrecht über Solothurn hinwegeilend, fast im Zenithe von Bern ¹⁾, überschritt es bei Delle die französische Gränze in einer Höhe von 22 Meilen, ging südlich von Epinal in einer Höhe von 18 Meilen nun über Bar-le-Duc in einer Höhe von 15 Meilen hinweg und endete zuletzt in einer Höhe von $10\frac{1}{2}$ Meilen senkrecht über *Chalons*. Würde die Kugel ihren Lauf fortgesetzt haben, so würde sie *Bapaume* zwischen Amiens und Cambray getroffen haben. Für Bapaume und Umgegend muß also die Feuerkugel unbeweglich am Himmelsgewölbe gestanden, aber nach und nach an Umfang zugenommen haben. Der Ort der Feuerkugel mußte ganz in der Nähe von 186 Bode im Einhorn gewesen seyn (bei 119° Rectascension und 6° südl. Declination) ²⁾. Der von

1) Das Berner Intelligenzblatt schreibt: »Das Meteor erschien beinahe im Zenith und verfolgte in der Dauer von ungefähr vier Sekunden einen Bogen am Himmelsgewölbe, bis es am nördlichen Horizonte unter greller Lichtentwicklung verschwand.

2) Eine ähnliche Erscheinung einer ihren Ort nicht verlassenden, allmählich an GröÙe zunehmenden Feuerkugel bot sich mir zu Aachen 1851 am 26. Sept. dar.

der Feuerkugel in einer Zeit von vier Sekunden zurückgelegte Weg betrug 54 Meilen an Länge, die Geschwindigkeit betrug also $13\frac{1}{2}$ Meile für die Sekunde. Legt man den scheinbaren Durchmesser von 15 Minuten, welchen sie kurz vor dem Verschwinden zu Paris, wovon sie 27 geographische Meilen Abstand hatte, zum Grunde, so ergibt sich hieraus ein wahrer Durchmesser für die Kugel von mehr als 2400 preufs. Fussen.

Die Feuerkugel nahm zwar, wie oben bemerkt wurde, ihren Ausgang aus der Gegend von 186 Bode im Eichhorne; jedoch ist dieser Ausgangspunkt nicht als der wirkliche Punkt zu betrachten, von welchem aus unter der Annahme eines *kosmischen Ursprungs* das Meteor zu uns kam. Es traf nämlich das Meteor nicht die *ruhende*, sondern die *bewegende* Erde. Die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bewegung um die Sonne betrug damals nahezu 4 Meilen, die Richtung der Bewegung ging aber nach einem Punkte (dem Tangentialpunkte) hin, der nahezu 221° Rectascension und 10° südl. Declination hat. Die uns erscheinende Bahn des Meteors ist also zusammengesetzt aus der eigenen Bahn und einer scheinbaren, in Folge der Bewegung der Erde erzeugten. Hieraus ergibt sich, daß der *kosmische* Ausgangspunkt einem Punkte angehört, der 137° Rectascension und -10° Declination hat (zwischen 24 Fl. und 27 Fl. in der Wasserschlange, nahe bei α Hydrae); als Geschwindigkeit ergibt sich 13 Meilen, statt der früheren $13\frac{1}{2}$ Meilen.

Eigenthümlich bleibt es, daß, wie nicht allein bei dieser Feuerkugel, sondern auch bei vielen andern constatirt ist, das Leuchten und Verbrennen jener Meteore auch *jenseits unseres Luftkreises* stattfindet. Gelangte jene Feuerkugel vom 3. Februar bereits in glühendem Zustande in den Wirkungskreis unserer Sichtbarkeit? Es steht fest, daß der Glanz der Feuerkugel sich allmählich bis kurz vor Ende der Sichtbarkeit verstärkte. Dieser Glanz nahm aber nicht bloß zu, weil, wie es bei Paris, Aachen und Münster der Fall war, die Feuerkugel sich den Beobachtungsorten näherte, denn von *Bern* aus, wo das Meteor sich immer mehr und

mehr nach dem nördlichen Frankreich ziehend, entfernte, schreibt man, daß dasselbe am nördlichen Horizonte *unter greller Lichtentwicklung* verschwunden sey. Was hat den Verbrennungsproceß, der noch beim Schlusse in einer Entfernung von $10\frac{1}{2}$ Meilen von der Erde vor sich ging, beschleunigt?

Räthselhafte Körper sind Feuerkugeln und Sternschnuppen immerfort zu nennen, und es bleibt deshalb wichtig, alles zu sammeln, was uns über die Natur dieser Körper einigen Aufschluß geben kann.

Alle, denen Kenntnisse und Mittel zu Gebote stehen, um genaue Beobachtungen anzustellen, mögen den merkwürdigen Erscheinungen der Feuerkugeln und Sternschnuppen ihre Aufmerksamkeit nicht versagen; mögen ein Scherflein beitragen zur Ergründung der Natur aus dem Gebiete unserer Atmosphäre verwiesener kosmischer Körper.

Münster, im März 1856.

XVI. *Ueber ein Paar in Chili beobachtete Lichtphänomene. Auszug aus einem Briefe des Dr. Moesta an Prof. Gerling in Marburg*¹⁾.

Santiago de Chile 1856 Jan. 14.

— Ich will nun den noch übrigen Raum dieses Briefes damit ausfüllen, Ihnen eine flüchtige Beschreibung eines Phänomens mitzuthemen, welches sich hier sehr häufig vom December bis Ende Februar zeigt und die Aufmerksamkeit eines jeden Fremden in diesem Lande erregt. Sie wissen schon, daß die Sternwarte gegenwärtig auf dem *Cerro de St. Lucia* liegt und daß sich dieser Hügel inmitten der Stadt Santiago plötzlich aus der vollkommenen, ich möchte fast sagen, spiegelglatten, Ebene erhebt. Letztere erstreckt sich gegen Osten hin in einer Entfernung von etwa 12000 Meter bis an den Fuß der majestätischen Cordilleren, die wie alle Berge in diesem Theile von Chile mit

1) Mitgetheilt von Hrn. A. v. Humboldt.

einem Male aus der Ebene emporsteigen. — Man kennt hier kein Hügelland. — Dem Beobachter auf der Sternwarte liegt so die vom Norden nach Süden laufende Cordillere auf viele Meilen entfaltet da, und die hier und da hervorragenden Gipfel bilden mit der grünen Ebene einen reizenden für das Auge nie ermüdenden Contrast. Der Rücken des Theils der Cordillere, welcher der Sternwarte am nächsten liegt, ist sehr scharf begränzt, so daß sich der Aufgang der größeren Gestirne, wie Sirius, namentlich in den späteren Nachtstunden fast mit der Emersion eines Sterns aus dem dunkeln Mondraude vergleichen läßt. Ich habe wohl bisweilen den Aufgang eines Gestirns mit dem Fernrohr verfolgt, aber nie etwas vom Schwanken¹⁾ der Gestirne in horizontaler Richtung wahrnehmen können.

Wenige Stunden nach Sonnenuntergang gewahrt man nun ein (dem Anschein nach) elektrisches Licht, welches von einem Punkte hinter der Cordillere strahlenförmig auszugehen scheint, aber so intensiv wird, daß es die ganze Cordillere, so weit sie sich dem Auge zeigt, erleuchtet; ja in einer Entfernung von 30 Leguas, näher der Küste, z. B. in Valparaiso, ist die Erscheinung nur unbedeutend lichtschwächer. Das Licht der aufschießenden Strahlen nimmt an Intensität zu, bis es gegen 11 Uhr Abends sein Maximum erreicht; wird dann allmählich schwächer und dauert häufig bis 3 Uhr Morgens. Die Richtung des Ausstrahlungspunktes ist bisweilen an einem Abend mit geringer Veränderung dieselbe, bisweilen schwankend von 10° bis 20° . Die Amplitude zwischen den äußersten Punkten von der Sternwarte aus gesehen, beträgt indessen für verschiedene Abende wohl 80° . Die Intensität des Lichts ist an verschiedenen Abenden bisweilen sehr verschieden und ich habe keinen Zusammenhang mit dem Thermometer wahrnehmen können. Die Wetterfahne zeigt in den Nachmittagsstunden gewöhnlich Westwind, geht dann Abends durch Südwest und steht Morgens östlich. Es hat wir ge-

1) Eine Anspielung auf das, im Kosmos Th. III, S. 73 und 641 beschriebene, später auch im nördlichen Afrika von dem Astronomen Vogel (Ann. Bd. 92, S. 655) gesehene Phänomen des Sternenschwankens.

schiienen, als ob das Licht am intensivsten bei Südostwind sey. Was mich immer am meisten bei Betrachtung dieser Erscheinung interessirt hat, ist das ungemein lebhaftes Funkeln der Sterne. Nach jedem Auffahren eines Blitzes scheint die Atmosphäre von Neuem in einen gereizten Zustand versetzt zu werden und das Funkeln zu begünstigen. Hier herrscht unter dem Volke die allgemeine Meinung, daß dieses Licht vom Leuchten der Vulkane herrühre, wozu, wie mir deucht, vielleicht das strahlenförmige Auffahren des Lichts beitragen mag. Die ganze Erscheinung ist aber wohl nichts weiter, als was man Wetterleuchten nennt und von verschiedenen Reisenden, ich glaube auch von Pöppig erwähnt worden ist.

In der letzteren Zeit hatte ich Gelegenheit ein anderes interessantes Phänomen zu beobachten, von dem ich sonst nie Etwas gehört habe, welches aber mit dem vorigen in enger Verbindung zu stehen scheint und wie dieses seine Erklärung wohl in der großen Trockenheit der Atmosphäre findet. Nördlich von Santiago ist nämlich die große Ebene, welche Chile bis nach der Magellanstraße hin (zwischen der Haupt- und Küsten-Cordillere) durchläuft, durch Ausläufer von der Haupt-Cordillere unterbrochen, so daß weiter nach Norden nur die Andes noch ihren hervorragenden Charakter beibehalten, dagegen der Theil zwischen diesen und dem Meere unregelmäßig von Bergen bedeckt wird. Von diesen Ausläufern erstreckt sich einer bis nahe an die Küste und bildet in einer Entfernung von 8 Leguas von letzterer einen 1840 Meter hohen fast isolirt stehenden Berg, die s. g. Campana de Quillota (Quillota ist ein Städtchen am Fuße dieses Berges), dessen Umriss eben



die nebenstehende Figur andeutet. Von Valparaiso aus gesehen, erscheint der ebene Rücken sehr scharf begränzt, und an diesem beobachtete

ich nun im vorigen Jahre von Valparaiso aus ein wunder-

liches Schauspiel. Gegen 9 Uhr Abends zeigte sich an dem Punkt *a* ein Blitz, welcher sich schlängelnd über den Rücken hinlief und am Ende *b* verschwand. Die Erscheinung beobachtete ich wohl eine Stunde lang, indem sie sich in Intervallen von 10 zu 10 Minuten wiederholte und bald von *a*, bald von *b* ausging. Nachher habe ich von einer sehr glaubwürdigen Person gehört, daß sich die erwähnte Erscheinung in den Monaten December und Januar gar nicht selten an der Campana zeigt.

Ich denke mir, daß nach Sonnenuntergang die die Campana berührenden Luftschichten abgekühlt werden, und dann ein Austausch der Erd- und Lufterlektricität stattfindet. Ueberhaupt muß die Spannung der atmosphärischen Elektricität in den Pampas der argentinischen Provinzen und in Bolivia eine außerordentliche seyn, wenn man den Erzählungen der Reisenden trauen darf, die diesen Theil von Südamerika besucht haben und von denen ich Ihnen gelegentlich einige Proben mittheilen werde. Das starke Wetterleuchten habe ich selbst während meines kurzen Aufenthalts in Peru beobachtet.

XVII. *Beobachtungen über Fluorescenz;* *vom Fürsten von Salm-Horstmar.*

Um die Verhältnisse der Fluorescenz zu studiren, ließ ich einen viereckigen kleinen Kasten von dunkelblauem Scheibenglas (Kobaltglas) machen, dessen vordere Wand fortgenommen werden konnte.

Legt man in diesen Glaskasten einen Würfel von Urauglas auf schwarze Unterlage, so erscheint das Urauglas nicht mit grüner, sondern mit lebhaft schwefelgelber Fluorescenz, wenn die offene Seite des Kastens dem Beobachter zugekehrt ist, so daß das directe Tageslicht sowohl

als auch das zerstreute Licht (von rechts nach links) nur durch das blaue Glas auf das Uranglas gelangen kann. — Das gelbe Fluorescenzlicht ist nun so lebhaft, daß es danebenliegende Körper gelb beleuchtet, und betrachtet man das gelbe *Spiegelbild* des Würfels in der blauen Glaswand rechts oder links durch ein Nicol, so läßt sich sehr schön beobachten, daß das Fluorescenzlicht hier polarisirt ist, denn das gelbe Bild verschwindet und erscheint beim Drehen des Nicols. Am schönsten ist die Erscheinung, wenn man ein parallelepipedisches Lineal von Uranglas aufrecht gegen eine der Glaswände anlehnt.

Hält man aber ein Stück von demselben blauen Tafelglas, woraus der Glaskasten besteht, vor das Auge, — so wird man sehr überrascht durch das *Verschwinden* der Fluorescenz, denn der Uranglaswürfel, der direct gesehen wie opaker Schwefel erschien, erscheint nun als durchsichtiger Glaswürfel von sehr matt röthlich gelber Färbung.

Diese Erscheinung hat etwas sehr interessant Widersprechendes, denn Absorption ist es nicht, weil die Fluorescenz vollständig bleibt, wenn man unmittelbar um den Uranglaswürfel ein *zweites* Kästchen von demselben blauen Glase bildet (nur auf der Seite des Beobachters offen).

Die Erscheinung widerspricht wenigstens sehr der Theorie über das gemeine weiße Licht, denn wenn weißes Licht *als solches* durch ein Glas hindurch geht, so gehen auch seine farbige Lichtarten, aus denen es besteht, durch dasselbe zweite Glas; aber bei obiger Erscheinung geht ein isolirter Bestandtheil nicht wieder durch dasselbe Glas, — gleichsam als wäre er polarisirt worden und doch zeigt das Nicol keine Spnr von Polarisation, wenn man das Fluorescenzlicht direct untersucht.

Betrachtet man die gelben Fluorescenzstrahlen, indem man vor das Auge ein Planglas von Uranglas hält, so bleibt die Fluorescenz ganz sichtbar, wenn auch das Glas einen Zoll dick ist.

Es scheint hieraus zu folgen, daß diese Fluorescenzerscheinung in dem *Selbstleuchten* der Atome des Uranglases

liegt, welche hervorgerufen wird durch gewisse Strahlen des Sonnenlichts.

Coesfeld, am 1. Mai 1856.

XVIII. *Neuer Interferential-Refractor;* *von Jamin.*

(*Cosmos*, 1856, No. 10, p. 277.)

Der für Arago von den HH Soleil und Duboscq construirte Interferential-Refractor hat das Unbequeme, daß er die interferirenden Strahlen nicht hinlänglich trennt und zu bewegliche Fransen giebt; wenn es möglich wäre, zwei sehr auseinanderliegende Strahlen zur Interferenz zu bringen, sie sehr breite, vollkommen feste Fransen bilden zu lassen, so würde man ein Instrument erhalten, welches der Physik sehr große Dienste leisten könnte. Dieses Problem glaube ich mit vieler Einfachheit gelöst zu haben.

Das Instrument, welches ich beschreiben will, ist eine Anwendung des Phänomens, welches unter dem Namen der Ringe dicker Platten bekannt ist. Ich nehme eine Parallelplatte von recht reinem Glase und irgend welcher Dicke, zerschneide sie in zwei Theile, befestige den einen auf einem Gestell und fange damit ein Bündel paralleler Strahlen auf. Einer besonders betrachtete dieser Strahlen zerfällt in eine Reihe von Fäden (*pinceaux*), reflectirt der erste an der ersten Oberfläche, der zweite an der zweiten, der dritte nach drei inneren Reflexionen u. s. w.; sie alle sind parallel und nehmen an Intensität mit der Zahl der Reflexionen ab, so daß man nur die beiden ersten zu betrachten braucht. Diese beiden Strahlen sind von einander um eine Größe entfernt, welche proportional mit der Dicke der Platte wächst, wie klein oder groß dieselbe auch sey. Diese beiden Strahlen pflanzen sich in der Luft fort; in

einer gewissen Entfernung fängt man sie mit der zweiten Hälfte der zerschnittenen Platte auf, die man der ersten parallel stellt. Alsdann reflectirt sich jedes dieser beiden Bündel an der ersten und zweiten Oberfläche der Platte, so daß der ursprüngliche Strahl in vier Strahlen zerlegt wird. Allein es ist klar, daß zwei dieser Strahlen einander decken, nämlich: 1) der, welcher an der Vorderfläche der ersten und an der Hinterfläche der zweiten Platte reflectirt worden ist, und 2) der, welcher die Reflexion an der Hinterfläche der ersten, und an der Vorderfläche der zweiten erlitten hat. Diese Strahlen decken einander nicht nur in Richtung, sondern sind auch gleich an Intensität; sie haben gleiche Dicken von Luft und Glas durchlaufen, und sind übereinstimmend. Es giebt also zwei Strahlen, die von der ersten Platte reflectirt werden, parallel sind, von einander um irgend welche Größe abstehen, und durch ihre Reflexion an der zweiten Platte einander genau decken und übereinstimmend (*concordants*) geworden sind.

Wenn die beiden Platten, statt genau parallel zu seyn, gegeneinander um eine wachsende Größe neigen, so decken die beiden interferirenden Strahlen sich nicht mehr genau. Wenn man den Gang der Strahlen näher verfolgt, erkennt man, daß man, wenn die Gesamtheit der von der zweiten Platte reflectirten Strahlen mit dem Auge aufgefangen wird, parallele, abwechselnd dunkle und helle Fransen sehen muß.

Die Erfahrung wie die Theorie zeigt, daß die Fransen horizontal, oder vertical oder geneigt seyn können, eine beliebige Breite haben, sehr zusammen oder auseinander liegen, und wenn man will, gleichförmige Farben (*teintes plates*) geben können.

Es ist nicht nöthig, das einfallende Bündel zu begränzen; man kann mit der ersten Platte Wolkenlicht auffangen, das von der zweiten Platte reflectirte Bündel mit bloßem Auge betrachten und sieht doch das entstandene Bild durchfurcht von Interferenzstreifen, völlig so wie man in der ganzen Ausdehnung des Reflexionsfeldes der Newton'schen Linsen die Farbenringe sieht. Es ist also ein Interferenz-

phänomen, dessen Erzeugung weder eine schmale, wohl orientirte Spalte, noch eine Lupe zur Auffangung der Fransen, noch irgend eine, bei Anwendung anderer Apparate nöthige minutiöse Vorkehrung erfordert. Diese Fransen sind überdiess so breit wie man will und, in Folge der Solidarität der beiden reflectirenden Flächen, an jeder Platte von außerordentlicher Festigkeit. Sie entspringen aus der Deckung zweier Strahlen, die in dem Zwischenraume der beiden Platten getrennt sind um eine Gröfse, die von der Dicke dieser Platten abhängt und ins Unbestimmte vergrößert werden kann.

Die möglichen Anwendungen dieses Apparats sind nun folgende. Auf das erste Glas läßt man durch ein zweckmäßiges Diaphragma ein paralleles Lichtbündel fallen, welches sich zu zwei an der ersten und zweiten Fläche reflectirten Bündeln verdoppelt. Man läßt beide durch zwei Röhren von beliebiger Länge gehen; sie decken einander nach der Reflexion an der zweiten Platte und geben Fransen. Verändert man die Natur oder den physischen Zustand der in den Röhren enthaltenen brechenden Mittel, so verschiebt man die Fransen. Dieser Apparat ersetzt also den von Hrn. Soleil so geschickt construirten Interferential-Refractor von Arago, und da er sehr breite, ganz feste Fransen von gleichförmigen Farben liefert, so hat er beträchtliche Vorzüge vor diesem.

Allein besonders zeichnet sich dieß Instrument dadurch aus, daß man damit ungemein leicht sehr wichtige Untersuchungen machen kann. Man kann in der Bahn der interferirenden Strahlen zwischen den beiden Spiegeln irgend eine geradrandige Platte inmitten eines flüssigen oder gasigen Mediums anbringen, so daß einer der interferirenden Strahlen die Platte streift, während der andere davon entfernt bleibt, und wenn in der Nähe der Platte eine physische oder chemische Modification eintritt, verräth sie sich durch eine Verschiebung der Fransen, am Rande des von dem opaken Körper geworfenen Schattens.

Ich will summarisch einige Beispiele anführen, die in besondern Abhandlungen entwickelt werden sollen.

I. Man stelle in die Bahn der Bündel einen Trog mit parallelen Seiten voll Wasser und tauche darin lösliche Platten; im Moment ihrer Eintauchung findet in der Geschwindigkeit des ihre Ränder streifenden Lichts eine Verringerung statt; darauf werden sie neutral, wenigstens wenn sie nicht chemisch vom Wasser angegriffen werden; so sieht man Zink, Blei und Eisen sich in Wasser lösen, wenn dasselbe lufthaltig ist. In anderen Lösungen vergrößern oder verringern gewisse Körper die Geschwindigkeit des Lichts an ihrem Contact. So wird im schwefelsauren Zink die Lichtgeschwindigkeit am Contact der eingetauchten Metalle vergrößert. Diese Vorgänge sind sehr mannigfaltig und hängen ab von der Natur des eingetauchten Körpers und von der der Lösungen. Man hat hierin ein Mittel, die schwächsten chemischen Wirkungen zu erkennen.

II. Wenn man durch irgend eine Lösung einen elektrischen Strom leitet, so ändert die Elektrolyse die Dichtigkeit und Lichtgeschwindigkeit am Contact der Elektroden; im schwefelsauren Kupferoxyd z. B. nimmt die Dichte am positiven Pol zu und am negativen ab. Der Apparat liefert ein Mittel, Veränderungen in der Natur der Flüssigkeit während ihrer chemischen Zersetzung zu entdecken.

III. Die geringste Temperaturveränderung verräth sich durch eine Abänderung der Fransen. Der Strom eines Ruhmkorff'schen Apparats, erregt durch ein einziges Bunsen'sches Element, z. B. erhöht fast augenblicklich die Temperatur des Wassers, welches er durchläuft. Die Erhöhung ist Null, wenn man das Wasser leitend gemacht hat.

IV. Taucht man in schwefelsaures Eisenoxydul die beiden fast bis zum Contact genäherten Armaturen eines Elektromagnets, und leitet einen Strom hindurch, so tritt in demselben Augenblicke eine Aenderung in dem Eisengehalt der Lösung ein. Das Eisensalz wird von den Polen

angezogen und häuft sich daselbst an, während das Wasser abgestoßen wird. Dieser Vorgang erweist sich durch eine Abänderung der Fransen.

V. Bringt man in eine Salzlösung einen schon gebildeten Krystall desselben Salzes, so zieht es das schon gelöste Salz aus beträchtlicher Entfernung an und concentrirt die Lösung; allein dicht an ihm selbst macht er die Lösung ärmer, indem er die Salztheilchen mit sich vereinigt. Diefs ist ein Mittel das Phänomen der Krystallisation zu verfolgen.

Fig. 18 Taf. III giebt eine Idee von dem Apparat. *AB*, *ED* sind zwei dicke Platten oder Brewster'sche Spiegel, parallel aufgestellt, wie beim Zerleger des Hrn. Delezenne. *SJ* ist der einfallende Strahl, der in zwei Bündel zerfällt, *SJDEF* wird in *J* reflectirt, gelangt nach *C*, dringt ein in die zweite Platte, wird in *D* an der Hinterfläche reflectirt, geht nach *E*, tritt aus und biegt sich nach *EF*. Der zweite Bündel *SJABEF* dringt in die erste Platte ein, wo er an deren Hinterfläche bei *A* reflectirt wird, gelangt nach *B*, tritt aus, bricht sich, geht nach *E*, wird an der Vorderfläche der zweiten Platte nach *EF* reflectirt, vereinigt mit dem ersten Bündel. In dieser Richtung beobachtet man. *F*, *F'* sind die beiden in die Bahn der Strahlen gestellten Röhren.

XIX. Ueber die latente Wärme der Dämpfe; von Hrn. Legrand,

Professor der Astronomie an der Fakultät der Wiss. zu Montpellier.

(*Compt. rend. T. XLII. p. 213.*)

Wir berechnen die latente Wärme der Dämpfe schlecht, weil wir die specifische Wärme derselben nicht in Betracht ziehen; diels verhindert uns das hier stattfindende sehr einfache Gesetz wahrzunehmen. Wir denken uns nämlich, oft ohne es zu sagen, daß sich der Dampf verdichte bei

der Temperatur, bei welcher er in das Schlangenrohr eintritt, und wir stellen die Formel so auf, wie wenn er von diesem Moment an dieselbe Wärmemenge besäße wie ein gleiches Gewicht der Flüssigkeit bei derselben Temperatur. Allein man muß erwägen, daß im Moment, wo er seinen Aggregatzustand ändert, er auch plötzlich seine specifische Wärme ändert und eine viel stärkere annimmt. Behandelt man den Dampf, wie wenn er eine Flüssigkeit von derselben Temperatur wäre, so schreibt man ihm mehr freie Wärme zu, als er im Dampfzustand besitzt, und diesen Ueberschuß nimmt man der latenten Wärme, die man demzufolge zu gering findet.

Mir scheint, man muß folgendermaßen verfahren. Seyen t, m, c , Temperatur, Gewicht und specifische Wärme des gesättigten Dampfs; t', m', c' anfängliche Temperatur, Gewicht und specifische Wärme der zur Verdichtung angewandten Flüssigkeit (das Schlangenrohr mitbegriffen); endlich t'' die Final-Temperatur dieser Flüssigkeit nach geschehener Verdichtung, und x die latente Wärme der Gewichtseinheit des Dampfs. Nach der Verdichtung ist $m + m'$ die Masse der Flüssigkeit und $(m + m')c't''$ die Wärmemenge derselben über Null. Sie besteht aus dem, was sie zuvor war, $m'c't'$, plus der freien Wärme mct über demselben Punkt, plus der latenten Wärme mx . Man hat also

$$mct + mx + m'c't' = (m + m')c't''$$

woraus für die latente Wärme der Gewichtseinheit:

$$x = \frac{m'c'}{m} (t'' - t') - ct + c't'',$$

und für die gesammte Wärme:

$$x + ct \text{ oder } X = \frac{m'c'}{m} (t'' - t') + c't''.$$

Nach der gewöhnlichen Schlußfolge hätte man für die latente Wärme:

$$y = \frac{m'c'}{m} (t'' - t') - c't + c't''$$

und für die gesammte Wärme

$$y + c't \text{ oder } Y = \frac{m'c'}{m} (t'' - t') + c't''.$$

Für die gesammte Wärme fallen die Formeln zusammen, für die latente Wärme gehen sie auseinander; allein gerade diese scheint einem sehr einfachen Gesetz zu folgen. Man sieht wohl, ich setze die sich condensirende Flüssigkeit als von gleicher Natur voraus, wie die, von welcher der Dampf aufsteigt: man sieht auch, daß ich die Temperatur-Wärme des Dampfs von Null aus zähle. Es hält nicht schwer, die Formeln so abzuändern, daß man von irgend einer anderen Temperatur zählt; allein der von mir gewählte Ausgangspunkt scheint den Vorzug zu haben, wenigstens für Wasserdampf, den ich besonders im Auge habe.

Um die Formel der latenten Wärme auf Wasserdampf anzuwenden, kann man nichts besseres thun, als die Resultate oder die Formel des Hrn. Regnault nehmen. Indem er t die Temperatur des Dampfs und l die Gesamtwärme der Gewichts-Einheit nennt, findet er, daß von 0° bis 230° die Versuche am genügendsten mit der Formel übereinstimmen:

$$l = 606,5 + 0,305 t \text{ oder } l = 0,305 (1988,5 + t).$$

Um daraus die latente Wärme herzuleiten, muß man ct von l abziehen. Nun kann c hier weder die spezifische Wärme unter constantem Druck, noch die bei constantem Volum seyn; denn sie können nicht genommen werden, ohne den Dampf entweder in den Gaszustand oder theilweis in den Flüssigkeitszustand übergehen zu lassen. Für die den Raum sättigenden Dämpfe, welche weder Gase noch Flüssigkeiten sind, giebt es keine andere spezifische Wärme als die von Hrn. Regnault aufgestellte und definirte ¹⁾, nämlich die Wärmemenge, welche man 1 Kilogr. gesättigten Dampf hinzufügen muß, um seine Temperatur um 1 Grad zu erhöhen, wenn man ihn zugleich so weit zusammendrückt, daß er im Sättigungszustand bleibt, oder anders gesagt, es ist $\frac{dl}{dt}$ oder 0,305. Zieht man nun $0,305 \cdot t$ von l ab, so bleibt 606,5, d. h. die latente Wärme, berechnet wie ich

1) *Recherches etc.* T. I. p. 727. (Ann. Bd. 78, S. 562.)

es auseinander gesetzt, ist constant. Dem Wortlaut nach, ist es das Gesetz von Southern, aber in Wahrheit ist es davon verschieden. Verstanden, wie ich es hier thue, scheint mir, dafs es als eine sehr legitime Deduction oder Interpretation der Regnault'schen Versuche angesehen werden mufs. Es bleibt noch zu sehen, ob es auch für andere Flüssigkeiten gelte.

Wichtig aber ist zu bemerken, dafs die Zahl für die latente Wärme ganz abhängt von dem Punkte, von dem aus man die Temperaturwärme *et* zählt. Sie ist 606,5, wenn man diese von dem üblichen Nullpunkte zählt, ist 637, wenn man von 100° zählt, und ist 0, zählt man von — 1988°,5, wie man sogleich aus dem zweiten Ausdruck von *l* ersieht. Im letzteren Falle ist der Ausgangspunkt gleichsam der absolute Nullpunkt für den Dampf. Es giebt dann keine latente Wärme mehr, sondern blofs Temperaturwärme. Der Ausdruck latente Wärme wurde nur eingeführt durch den Vergleich des Dampfes mit der ihn liefernden Flüssigkeit. Soll er einen scharfen Sinn haben, müfste es eine bekannte Temperaturgränze geben, unterhalb welcher sich der Dampf nicht mehr bildete. Man würde diese Gränze zum Anfangspunkt der Temperaturen des Dampfes nehmen, und, wenn dieser bei jeglicher Temperatur entstände, hätte man in der Wärme, welche er der Flüssigkeit nimmt, zwei Theile zu unterscheiden. Der eine wäre der, den er gebrauchte, um als Dampf, der bei der Gränztemperatur den Raum sättigt, zu existiren, und der andere der, welcher ihm die Temperatur der Flüssigkeit giebt. Der erstere wäre die latente Wärme, der zweite die Temperaturwärme, verstanden wie oben. In Abwesenheit einer solchen Gränze behält der Ausdruck für die latente Wärme etwas Unbestimmtes, das man nur entfernen kann, wenn man eine willkürliche annimmt. Die des Nullpunktes scheint sehr zweckmäfsig, besonders beim Wasserdampf.